

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

ANDIARA CRISTINA DE SOUZA

PARA ALÉM DA TELA: o efeito de diferentes interfaces gráficas de jogos educacionais no desempenho de estudantes com e sem autismo em atividades matemáticas

SÃO CARLOS - SP
2024

ANDIARA CRISTINA DE SOUZA

PARA ALÉM DA TELA: o efeito de diferentes interfaces gráficas de jogos educacionais no desempenho de estudantes com e sem autismo em atividades matemáticas

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do título de doutora em Psicologia.

Orientador: Prof. Dr. João dos Santos Carmo (UFSCar)

Coorientadora: Prof.^a Dra. Priscila Benitez (UFABC)

SÃO CARLOS - SP

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Psicologia

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Andiará Cristina de Souza, realizada em 22/03/2024.

Comissão Julgadora:

Prof.^a Dra. Maria Stella Coutinho de Alcântara Gil (UFSCar)

Prof. Dr. André Castelo Branco Soares (UFPI)

Prof. Dr. Guilherme Henrique Gomes da Silva (UNESP)

Prof.^a Dra. Rejane Siqueira Julio (UNIFAL-MG)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela força diária para continuar minha jornada, mesmo nos momentos mais difíceis, nos quais desistir era o caminho mais viável.

Aos meus queridos pais, Sarah e Lourenço (*in memoriam*), por serem meu porto seguro em todos os momentos e por me ensinarem o caminho da honra, dignidade e luta – aos senhores, que foram a junção perfeita de razão e sensibilidade e me fizeram ser quem eu sou hoje, minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos, Adalberto, Anderson e Adriana, que, cada qual com suas características e personalidades, contribuíram de forma substancial para o meu crescimento pessoal e profissional. E que ainda hoje são minha grande torcida organizada.

Ao meu esposo, amigo e companheiro, Raimundo, pelo apoio, carinho, compreensão e por percorrer comigo esta grande batalha.

A toda minha família, meu maior patrimônio, sobrinhos e sobrinhas, por acreditarem e me apoiarem sempre.

Ao meu querido e saudoso Tio Luís (*in memoriam*), minha “biblioteca ambulante”, que foi um dos pilares da minha jornada escolar e de vida.

Aos meus queridos alunos, que me fazem descobrir, a cada dia, uma nova razão para seguir acreditando que nada é impossível.

À APAE e aos meus companheiros de jornada na Educação Especial, pelo apoio constante e por abrirem portas e janelas para que eu pudesse alçar voos mais altos, cujos nomes não citarei para não cometer nenhuma injustiça.

Aos meus queridos alunos e alunas, que me fazem perceber, todos os dias, que não existe impossível.

À minha amiga Sanoy (minha quebra-galhos oficial), pela sua disposição constante em me auxiliar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João dos Santos Carmo, por comprar comigo esta ideia, pelos seus preciosos ensinamentos e por todo o carinho, paciência e amizade ao longo de toda minha trajetória, que não foi fácil.

À minha coorientadora, Prof.^a Dra. Priscila Benitez, que, mesmo diante de tantos afazeres, aceitou participar comigo desta batalha e me trouxe preciosos ensinamentos.

Aos meus colegas do LEAAC, com quem compartilhei momentos de intensas trocas de experiências e muito aprendizado.

Aos alunos da UFPI, em especial Tardelly e Jasson, que me auxiliaram no tratamento dos dados e, também, com os aspectos técnicos de computação.

Aos membros da banca (titulares e suplentes), por terem aceitado participar deste momento tão importante.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio via PROEX.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta e indireta na realização deste estudo e do meu processo de formação.

GRATIDÃO!

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça.”

Cora Coralina

RESUMO

Souza, A. C. (2024). *Para além da tela: o efeito de diferentes interfaces gráficas de jogos educacionais no desempenho de estudantes com e sem autismo em atividades matemáticas* (Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Psicologia). Universidade Federal de São Carlos.

As dificuldades dos estudantes brasileiros no ensino da matemática e o crescente número de pessoas com TEA incluídos nas redes regulares de ensino têm impulsionado a adoção de jogos educacionais digitais (JEDs) enquanto recursos didáticos para facilitar a aprendizagem desta disciplina. Todavia, apesar do uso cada vez mais frequente desses recursos, pouco se sabe da relação existente entre o desenho da interface gráfica dos usuários e o desempenho dos estudantes, em especial estudantes com TEA. Discutir o desenho da interface gráfica do usuário (IGU) de JEDs e sua acessibilidade é uma temática de grande relevância. Isto porque ela pode proporcionar uma experiência reforçadora ou não para o usuário, gerando facilidades ou barreiras para o uso de recursos digitais. Diretrizes de acessibilidade têm sido desenvolvidas no intuito de tornar a IGU mais acessível e amigável. Todavia ainda existem lacunas na literatura principalmente no que diz respeito a pesquisas que visam analisar a relação existente entre IGU de JEDs e a aprendizagem matemática de estudantes com autismo. Este estudo teve como objetivo avaliar, por meio da análise do comportamento ocular, o impacto da IGU de JEDs matemáticos no processo atencional, engajamento e desempenho de estudantes com autismo. O capítulo 1 teve como objetivo discutir o uso de JEDs no ensino da matemática. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico de estudos já realizados que apresentam os objetivos e perspectivas dos JEDs enquanto facilitadores da aprendizagem matemática. O capítulo 2 teve por objetivo mapear na literatura pesquisas empíricas que avaliaram diretrizes para a acessibilidade digital envolvendo pessoas com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), por meio de uma revisão integrativa de literatura. Com base nos levantamentos bibliográficos realizados nos dois primeiros capítulos, foi conduzido um estudo de rastreamento ocular que se constituiu no capítulo 3 e teve por objetivo comparar o comportamento ocular de crianças com e sem autismo na realização de tarefas de adição simples (soma até 10) em jogos educacionais digitais (JEDs), disponibilizadas na *web*. Os resultados indicaram que as crianças participantes do estudo com e sem autismo com idade e repertório de entrada matemático semelhantes, quando expostas às mesmas condições de ensino, não apresentam diferenças significativas de desempenho em JEDs. No capítulo 4, ainda fazendo uso dos dados obtidos por meio do rastreamento ocular, verificou-se como o desenho da interface gráfica de JEDs voltados para o ensino da matemática pode tornar-se um preditor de fracasso e exclusão de crianças com TEA. Os resultados obtidos revelaram que plataformas complexas podem interferir de forma negativa no desempenho de estudantes com TEA em sua interação com os conceitos matemáticos, daí a importância de uma avaliação crítica destas por pais professores e terapeutas. E, também, que interfaces pouco acessíveis podem fazer perpetuar a visão de incapacidade de pessoas com TEA trazida pela supervalorização do diagnóstico, geradora de microexclusões. De modo geral, os estudos revelaram que promover práticas educativas pautadas em JEDs para o ensino da matemática exige de pais, professores e terapeutas conhecimentos que permitam realizar uma análise crítica deles. Isto porque o tipo de interface gráfica pode ser um preditor de sucesso ou fracasso de estudantes com TEA no aprendizado da matemática, podendo contribuir para uma matemática inclusiva ou excludente. Estudos futuros são sugeridos a fim de ampliar a discussão sobre a relação e os impactos da IGU de JEDs e a aprendizagem matemática de estudantes com TEA.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro do Autismo. Aprendizagem Matemática. Interface Gráfica. Jogos Educacionais Digitais. Rastreamento Ocular.

ABSTRACT

Souza, A. C. (2024). *Beyond the screen: the effect of different graphical interfaces of educational games on the performance of students with and without autism in mathematical activities* (Doctoral Thesis, Graduate Program in Psychology). Universidade Federal de São Carlos.

The difficulties faced by Brazilian students in teaching mathematics and the growing number of people with ASD included in mainstream schools have led to the adoption of digital educational games (DEGs) as teaching resources to facilitate the learning of this subject. However, despite the increasing use of these resources, little is known about the relationship between the design of the graphical user interface and the performance of students, especially students with ASD. Discussing the design of the graphical user interface (GUI) of DGEs and its accessibility is a highly relevant topic. This is because it can provide a reinforcing or non-reinforcing experience for the user, generating facilities or barriers to the use of digital resources. Accessibility guidelines have been developed to make GUI more accessible and user-friendly. However, there are still gaps in the literature, especially with regard to research aimed at analyzing the relationship between GUI in DEGs and the mathematical learning of students with autism. The aim of this study was to evaluate the impact of the GUI of mathematical DEGs on the attentional process, engagement, and performance of students with autism through the analysis of eye behavior. Chapter 1 aimed to discuss the use of DEGs in math teaching. To this end, a bibliographical survey was carried out of studies that have already been carried out that present the objectives and perspectives of DEGs as a tool for teaching mathematics.

Chapter 2 aimed to map empirical research in the literature that evaluated guidelines for digital accessibility involving people with Autism Spectrum Disorder (ASD), by means of an integrative literature review. Based on the bibliographic surveys carried out in the first two chapters, an eye-tracking study was conducted in Chapter 3, which aimed to compare the eye behavior of children with and without autism when performing simple addition tasks (adding up to 10) DEGs made available on the *web*. The results indicated that children participating in the study with and without autism of similar age and mathematical input repertoire, when exposed to the same teaching conditions, do not show significant differences in performance in GDEs. In chapter 4, still using the data obtained through eye-tracking, it was verified how the design of the graphic interface of GDEs aimed at teaching mathematics can become a predictor of failure and exclusion of children with ASD. The results showed that complex platforms can negatively interfere with the performance of students with ASD in their interaction with mathematical concepts, hence the importance of a critical evaluation of these by parents, teachers, and therapists. Also, poorly accessible interfaces can perpetuate the view of disability of people with ASD brought about by the overvaluation of the diagnosis, which generates micro-exclusions. In general, the studies revealed that promoting educational practices based on GDEs for teaching mathematics requires parents, teachers and therapists to have the knowledge to critically analyze them. This is because the type of graphic interface can be a predictor of success or failure for students with ASD in learning mathematics and can contribute to inclusive or excluding mathematics. Future studies are suggested in order to broaden the discussion on the relationship and impacts of the GUI of GDEs and the mathematical learning of students with ASD.

Keywords: Autism Spectrum Disorder. Mathematical Learning. Graphical Interface. Digital Educational Games. Eye tracking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma da seleção dos artigos elaborado a partir das recomendações PRISMA	34
Figura 2 Características gerais dos estudos considerados como resultados.....	37
Figura 3 Características digitais analisadas nos estudos com delineamento de grupo de pessoas com e sem TEA.	39
Figura 4 Avaliação de acessibilidade das atividades.....	57
Figura 5 Elementos relevantes e irrelevantes das tarefas 1 e 2	58
Figura 6 Tela da tarefa 1 – Jogo A	58
Figura 7 Consequências da resposta apresentada pelo participante na tarefa 1 – Jogo A	59
Figura 8 Tela da tarefa 2 – Jogo B.....	60
Figura 9 Consequências da resposta apresentada pelo participante na tarefa 2 – Jogo B	60
Figura 10 Condição de ensino apresentada na Tarefa 2 – Jogo B	61
Figura 11 Etapas de calibração do equipamento	64
Figura 12 Exemplo de recalibragem automática realizada pelo sistema.....	64
Figura 13 Desempenho geral dos participantes por tarefa	68
Figura 14 Avaliação de acessibilidade das tarefas 1 e 2 – Contagem	82
Figura 15 Elementos relevantes e irrelevantes das tarefas 1 e 2 – Contagem	83
Figura 16 Consequências à resposta apresentada pelo participante na tarefa 1 – Contagem.....	84
Figura 17 Consequências à resposta apresentada pelo participante na tarefa 2 – Contagem.....	85
Figura 18 Mapa de calor comparativo dos participantes ao realizarem as tarefas 1 e 2.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Estudos sobre avaliação de diretrizes de tecnologia digital e o TEA	37
Tabela 2 Descrição dos participantes.....	54
Tabela 3 Descrição dos juízes.....	56
Tabela 4 Tempo de calibração do equipamento por participante	64
Tabela 5 Dados sobre a necessidade de recalibragem automática durante a realização das tarefas	67
Tabela 6 Descrição dos sujeitos da pesquisa	80
Tabela 7 Descrição dos estímulos modelos por participante da tarefa 2 – Contagem..	85
Tabela 8 Tempo de calibragem do equipamento	88
Tabela 9 Tempo de execução das tarefas/quantitativo de acertos e erros.....	90

LISTA DE SIGLAS

- ABC – *Autism Behavior Checklist*
- AEE – Atendimento Educacional Especializado
- AOIS – Áreas de Interesse
- APA – *American Psychological Association*
- APAE – Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
- CAFE – Comunidade Acadêmica Federada
- CARS – *Childhood Autism Rating Scala*
- COGA – *Cognitive and Learning Disabilities Task Force*
- DSM V TR– *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*
- GAIA – Guia de Acessibilidade de Interfaces *Web* para Pessoas com Autismo
- IGU – Interface Gráfica do Usuário
- IHC – Interação Humano-Computador
- JED – Jogo Educacional Digital
- JEDs – Jogos Educacionais Digitais
- LBI – Lei Brasileira de Inclusão
- LEAAC – Laboratório de Estudos Aplicados à Aprendizagem e Cognição
- MEC – Ministério da Educação
- M-CHAT – *Modified Checklist for Autism in Toddlers*
- OMS – Organização Mundial da Saúde
- PISA – Programa de Avaliação Internacional de Estudantes
- PRAHM – Protocolo de Registro e Avaliação das Habilidades Matemáticas
- PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*
- RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
- SAEB – Sistema de Avaliação da Educação Básica
- SME – Secretaria Municipal de Educação
- TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
- TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- TDE – Tecnologias Digitais Educacionais
- TEA – Transtorno do Espectro do Autismo
- UFPI – Universidade Federal do Piauí
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
- UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNIFAL – Universidade Federal de Alfenas

USB – *Universal Serial Bus*

W3C – *World Wide Web Consortium*

WAI – *Web Accessibility Initiative*

WCAG – *Web Content Accessibility Guidelines*

SUMÁRIO

PALAVRAS INICIAIS	14
INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 1 UM, DOIS, TRÊS... PLAY: POR QUE USAR JOGOS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA?	23
PREÂMBULO AO CAPÍTULO 2: ACESSIBILIDADE: POR QUÊ, PARA QUEM? ...	29
CAPÍTULO 2 DIRETRIZES DE ACESSIBILIDADE DE INTERFACES DIGITAIS PARA PESSOAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA	30
Método	33
Procedimento de coleta dos artigos.....	34
Análise dos dados.....	35
Resultados	35
Discussão	40
Considerações finais	43
PRÊMULO AO CAPÍTULO 3: E AGORA?	45
CAPÍTULO 3 O QUE ME DIZ SEU OLHAR?: UM ESTUDO DO RASTREAMENTO OCULAR DE CRIANÇAS COM E SEM AUTISMO EM JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS DE MATEMÁTICA.....	47
Interface Gráfica do Usuário: importância e relação com a usabilidade	47
Método	53
<i>Participantes</i>	53
<i>Ambiente experimental</i>	54
<i>Jogos</i>	55
<i>Equipamento</i>	61
Procedimentos	62
Resultados	66
Discussão	69
Considerações finais	72
PREÂMBULO AO CAPÍTULO 4: COM GOSTINHO DE QUERO MAIS	74
CAPÍTULO 4 VEJO, LOGO APRENDO?	75
Desenho de interface: por que pensar nele?.....	76

Método	79
<i>Participantes</i>	79
<i>Ambiente experimental</i>	80
<i>Jogos</i>	81
<i>Equipamento</i>	86
Procedimentos	87
Resultados	90
Discussão	92
Considerações Finais.....	97
TUDO FIM É UM NOVO COMEÇO – PALAVRAS FINAIS.....	99
REFERÊNCIAS	104
Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	113
Apêndice B – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	117
Apêndice C – Avaliação de Acessibilidade	120
Apêndice D – Avaliação e índice de concordância dos juízes no jogo “Jogo A”	123
Apêndice E – Avaliação e índice de concordância dos juízes no jogo “Jogo B”	125
Apêndice F – Estímulos-alvo apresentados a cada participante e quantitativo de tentativas permitidas	127
Apêndice G – Avaliação e índice de concordância dos juízes na tarefa Contagem Site Coquinhos	128
Apêndice H – Avaliação e índice de concordância dos juízes na tarefa Contagem da Plataforma Matific	131

PALAVRAS INICIAIS

Os primeiros passos para a escrita desta tese tiveram início no ano 2000, quando fui convidada para assumir as aulas de informática na Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) de Poços de Caldas/MG. Por meio de uma parceria inovadora firmada entre a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Ministério da Educação (MEC) e a Federação Nacional das APAES, foram implantados laboratórios de informática em algumas cidades-polos do estado de Minas Gerais.

Foi a partir desse momento que ingressei no fascinante mundo da informática educativa. Os primeiros passos foram, sem dúvida, muito desafiadores. Era necessário segurar nas mãos dos estudantes e ensinar cada comportamento relativo à manipulação do computador. Em pouco tempo, os estudantes já eram capazes de compreender o uso do computador e mostravam-se engajados nas atividades.

Vendo os avanços obtidos a partir da minha prática docente e o quanto a utilização de recursos informatizados havia contribuído para o processo de aprendizagem dos estudantes, decidi aprofundar-me no assunto.

Após várias pós-graduações e cursos de especialização na área, no ano de 2017 decidi prestar o processo seletivo do Mestrado em Educação da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Fui aprovada e então dei início a minha pesquisa, que buscou analisar as contribuições do uso das Tecnologias Digitais Educacionais (TDE) no processo de ensino e aprendizagem de matemática e inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA). Desenvolvi um estudo de caso contando com a participação de duas crianças com autismo. Por meio dos achados na pesquisa, foi possível verificar que os participantes não apenas ampliaram suas habilidades matemáticas, mas também se mostraram bem mais engajados nas atividades de sala de aula.

Durante o desenvolvimento da dissertação e, também, ao longo de todos esses anos atuando na área de informática educativa, um dos meus maiores desafios foi a escolha do *software* adequado para atender às singularidades¹ dos estudantes. O que me trouxe grande inquietação e desejo em avançar ainda mais, de modo a contribuir com outros professores que lançam mão dos recursos tecnológicos enquanto recurso auxiliar do processo de aprendizagem, dentro de uma perspectiva inclusiva.

¹ A palavra singularidades diz respeito às especificidades de cada participante, ligado à sua individualidade e características específicas e únicas da pessoa.

No ano de 2020, ingressei no Programa de Doutorado em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e, *a priori*, meu objetivo era o desenvolvimento de um aplicativo destinado ao ensino da matemática para estudantes com autismo. Com o aprofundamento das pesquisas e após muitas discussões sobre a temática no meu grupo de pesquisa (Laboratório de Estudos Aplicados à Aprendizagem e Cognição – LEAAC/UFSCar), em especial com meu orientador e meu colega Felipe Magalhães, meus estudos foram tomando novos contornos. Constatei, através de uma revisão integrativa de literatura, uma carência significativa de estudos empíricos analisando a acessibilidade dos recursos digitais para pessoas com autismo e as possíveis barreiras por elas enfrentadas.

Tal contexto me despertou interesse em realizar um estudo empírico visando avaliar a acessibilidade de jogos educacionais digitais para crianças com autismo. Isto porque, enquanto professora e pesquisadora, me deparo cotidianamente com diversas colegas ávidas por saber quando e de que forma trabalhar as habilidades acadêmicas de estudantes com autismo. Muitas delas recorrem às mídias digitais, sem, contudo, conhecer o seu real potencial e, muito menos, o perigo que podem representar quando não acessíveis.

Mas, como pesquisas envolvem muito mais do que uma ideia na cabeça e um lápis na mão, diversos foram os percalços enfrentados ao longo desta jornada. O primeiro deles uma pandemia que impactou a todos nós e trouxe o isolamento social, obrigando-nos à adoção de novas formas de pesquisa e trabalho. Em meio a esse burburinho todo, meu pai faleceu, o que me trouxe um grande abalo emocional. Superando dia a dia a falta de um dos meus pilares, fui me restabelecendo e retomei o ritmo da minha pesquisa. Quando, de repente, uma nova dificuldade veio à tona: a clínica na qual iria realizar a coleta de dados, fazendo uso do aparelho de rastreamento ocular, não mais conseguiria me disponibilizar acesso ao mesmo.

Me vi perdida, sem direção e na iminência de ter que mudar tudo novamente, e me dediquei por semanas a fio a fim de encontrar uma solução. Foi então que, navegando pela internet, encontrei o *site REAL.eye*, que disponibilizava, através de uma assinatura mensal, o recurso de rastreamento ocular a partir da utilização de rede neural. Uma luz no fim do túnel.

Depois de analisar a eficácia científica do programa, e também sua utilização em outros estudos empíricos, decidi, finalmente, efetuar a assinatura do mesmo e dar início à pesquisa.

Com energia renovada e problemas solucionados, recrutei os participantes e, finalmente, minha pesquisa saiu do plano das ideias para a prática. Neste processo contei com a contribuição de alunos da Universidade Federal do Piauí (UFPI), que me auxiliaram no tratamento dos dados, o que foi crucial para analisar os resultados e discuti-los.

Durante o desenvolvimento do estudo que apresentarei a seguir, foram muitas descobertas, vivência de momentos incríveis e muitas surpresas. Algumas hipóteses iniciais foram refutadas, como a importância de se desenvolver um jogo específico para pessoas com autismo; outras confirmadas, como o potencial dos recursos tecnológicos na aprendizagem; e novas surgiram, como, por exemplo, a importância do *design* e seus elementos. E meu desejo de continuar a contribuir com pesquisas envolvendo tecnologia e crianças com autismo aumentou, pois acredito que se trata de uma temática de que muitos falam, mas pouco se sabe, especialmente na área educacional.

Convido você a adentrar comigo este universo mágico e ainda pouco explorado das implicações trazidas pelo desenho da IGU de JEDs voltados ao ensino da matemática na aprendizagem de crianças com TEA.

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a incidência do Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) em crianças tem se mostrado crescente. De acordo com dados do *Center for Diseases Control and Prevention*² – Centro de Controle e Prevenção de Doenças, a prevalência de crianças estadunidenses com TEA, na faixa de três a oito anos de idade, é de uma para cada 44 (Maenner et al., 2021). No Brasil, não existem dados quantitativos que mostrem esta prevalência.

O TEA caracteriza-se por um distúrbio do neurodesenvolvimento, tendo origem na primeira infância e persistindo a vida toda. Ele se caracteriza pela presença de déficits persistentes nas áreas de comunicação e interações social, padrões repetitivos e restritivos do comportamento, atividades e interesses. Essas manifestações, tomadas de forma conjunta, podem limitar ou até mesmo dificultar o funcionamento diário do indivíduo, inclusive o seu processo de aquisição do desenvolvimento e aprendizagem (Associação Americana de Psiquiatria [APA], 2023).

O comprometimento das áreas acima descritas pode se dar em maior ou menor nível, fazendo com que haja uma variedade muito grande entre as pessoas dentro do espectro, o que interfere de maneira direta na aquisição de habilidades, dentre elas as acadêmicas. Especialmente no que diz respeito às habilidades acadêmicas voltadas para a aquisição de conceitos matemáticos, a variabilidade de manifestações do autismo se mostra bastante aparente. Alguns estudos revelam que pessoas com autismo possuem altas habilidades matemáticas quando comparadas com pessoas sem autismo (Iuculano et al., 2014), enquanto outros trazem achados que evidenciam uma habilidade mediana em comparação com pessoas sem autismo (Chiang & Lin, 2007). E ainda existem pesquisas que relatam um desempenho inferior das pessoas com autismo em relação às sem autismo (Aagten-Murphy et al., 2015; Oswald et al., 2016; Wagner, 2003).

Independentemente da gravidade das manifestações, de acordo com a literatura, é preciso ofertar às pessoas com TEA diferentes sistemas de suporte, para que possam obter sucesso nas atividades acadêmicas. Suportes estes que devem valorizar o ritmo e a forma de aprendizagem destes estudantes (De Rose, 2005; Farias et al., 2014; Orrú, 2017).

² No ano 2000, essa instituição criou o *Autism and Developmental Disabilities Monitoring (ADDM)*, uma rede que tem como objetivo desenvolver pesquisas que permitem obter dados estatísticos sobre estimativas e prevalência de TEA entre as crianças estadunidenses. As pesquisas são desenvolvidas com periodicidade de dois em dois anos e monitoram os dados epidemiológicos relativos ao transtorno.

Recursos tecnológicos como computadores, *tablets* e *smartphones* têm sido utilizados em intervenções pedagógicas junto a estudantes com autismo e mostrado eficácia para o desenvolvimento de habilidades acadêmicas (Farias et al., 2014; Guimarães, 2018; Souza, 2019). A literatura tem relacionado essa eficácia ao fato de que esse tipo de mídia dá enfoque ao processamento visual, apresentando-se, portanto, apropriado e motivador para as pessoas com autismo (Wainer & Ingersoll, 2011; Winoto et al., 2017). Além disso, possibilita o acesso a ambientes controlados e previsíveis, e, também, permite que o nível de dificuldade dos conteúdos vá sendo apresentado de forma gradativa, o que contribui para a diminuição do nível de ansiedade (Cassidy et al., 2016).

Devido a esses fatores, o uso de aplicativos e *softwares* voltados para a aprendizagem de pessoas com autismo aumentou de forma considerável ao longo dos últimos anos (Zervogianni et al., 2020). Ocorre que este aumento não foi acompanhado, na mesma medida, por pesquisas que trouxessem evidências científicas sobre sua eficácia, principalmente no que diz respeito às possíveis interferências da interface gráfica do usuário na acessibilidade e usabilidade (Zervogianni et al., 2020).

A preocupação com a acessibilidade de *sites*, *softwares* e aplicativos voltados para pessoas com deficiências cognitivas, neuronais e de aprendizagem, dentre as quais se encontram as pessoas com autismo, é recente. Sendo que o primeiro estudo envolvendo deficiências cognitivas foi realizado por Friedman e Bryen no ano de 2006, quando propuseram 22 diretrizes de acessibilidade da *web* para pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento. E foi somente no ano de 2016 que as primeiras diretrizes gerais sobre o desenvolvimento de *sites* para usuários com deficiências cognitivas, neuronais ou de aprendizagem foram publicadas pelo *Cognitive and Learning Disabilities Task Force (COGA)*³. Essas diretrizes não abordavam as especificidades das pessoas com autismo, trazendo apenas algumas recomendações gerais para esse público (Seeman & Cooper, 2016). Diretrizes de acessibilidade voltadas especificamente para usuários com autismo, no âmbito nacional, surgiram no ano de 2016, com Britto e Pizzolato – Guia de Acessibilidade de Interfaces *Web* para Pessoas com Autismo (GAIA)⁴. Trata-se de um conjunto de recomendações que busca auxiliar desenvolvedores a compreender as necessidades das pessoas com TEA, e a partir daí desenvolver interfaces *web* que sejam mais facilmente utilizadas por elas (Britto & Pizzolato, 2016).

³ Força-tarefa criada pela *World Wide Web Consortium (WWC)* no ano de 2014, tendo como objetivo promover o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à acessibilidade *web* para pessoas com deficiências cognitivas, neuronais ou de aprendizagem.

⁴ Vide diretrizes no Apêndice D.

Essa ausência, até então, de diretrizes e estudos sobre a acessibilidade e usabilidade de recursos digitais (*sites*, *softwares* e aplicativos) para pessoas com autismo traz reflexos, também, junto aos desenvolvedores destes produtos. Estudos evidenciam que grande parte dos desenvolvedores de sistemas digitais de aprendizagem desconhece as características e necessidades das pessoas com deficiências cognitivas, grupo no qual se encontram as pessoas com autismo (Britto & Pizzolato, 2016; Dattolo et al., 2016; Pichiliani & Pizzolato, 2019), o que torna mais difícil o desenvolvimento de *softwares* acessíveis.

E, não bastasse isso, essas diretrizes, quando existentes, são, em grande parte, dotadas de uma linguagem muito específica, voltada apenas para pessoas da área computacional. Assim, sua compreensão se torna difícil para pessoas leigas, dentre as quais se encontram os professores, pais e terapeutas, que lançam mão desses recursos para promover intervenções terapêuticas e educativas (Darejeh & Singh, 2013; Britto & Pizzolato, 2016; Pavlov, 2014; Rezae et al., 2020; Silva et al., 2020).

Compreender a influência da interface gráfica do usuário na acessibilidade e usabilidade de recursos digitais junto aos estudantes com autismo é fundamental para assegurar que esses recursos sejam realmente eficazes na promoção de ações interventivas, seja no campo terapêutico ou pedagógico. Isto porque, para que um determinado recurso digital seja utilizado de forma benéfica, é necessário que seja acessível⁵ e de fácil utilização, caso contrário poderá gerar barreiras na usabilidade, impedindo que a pessoa com autismo faça uso da tecnologia de forma autônoma, ou ainda causar desconforto ao usuário (Britto & Pizzolato, 2016; Winoto et al., 2017).

Especialmente no que diz respeito à matemática, a literatura tem revelado que o *design* da interface gráfica influencia na forma com que a criança aprende os conceitos matemáticos (Falloon, 2013; Moyer-Packenham et al., 2019; Seo & Woo, 2010).

Apesar de sua importância, a acessibilidade e o desenho da interface de jogos educacionais digitais voltados para o ensino da matemática ainda são temas pouco explorados, existindo uma lacuna na literatura com relação à mesma. Principalmente no que diz respeito à influência da interface gráfica do usuário de jogos educacionais digitais voltados para o ensino da matemática no processo atencional e engajamento de estudantes com autismo (Andrade et al., 2021; Magaton et al., 2019).

Assim, considerando:

⁵ Consideram-se acessíveis os recursos tecnológicos que asseguram que uma ampla variedade de usuários com e sem necessidades especiais possa ter acesso à informação (Tanaka et al., 2004).

a) A importância dos recursos computacionais enquanto recursos auxiliares do processo de aprendizagem de estudantes com autismo, inclusive para a aquisição de habilidades acadêmicas matemáticas (Farias et al., 2014; Guimarães, 2018, Souza, 2019).

b) Que o desenho da interface gráfica pode influenciar nos processos de interação do usuário com o *software*, facilitando-a ou dificultando-a (Britto & Pizzolato, 2016; Winoto et al., 2017).

c) A lacuna identificada (Andrade et al., 2021) com relação à existência de estudos empíricos avaliando a influência da interface gráfica no processo atencional e engajamento de estudantes com TEA na interação com jogos educacionais digitais voltados à aprendizagem da matemática.

d) As recomendações de diretrizes especializadas de acessibilidade para usuários com TEA (Britto & Pizzolato, 2016) e os benefícios do desenho universal⁶ enquanto forma de garantir uma maior acessibilidade de *softwares* e aplicativos, proporcionando o seu uso por pessoas com ou sem necessidades especiais (Brasil, 2016).

O presente estudo tem como pergunta de pesquisa: Quais os impactos positivos ou negativos que a interface gráfica do usuário de jogos educacionais digitais pode gerar no ensino da matemática de crianças com autismo nos primeiros anos de escolarização? Como uma forma de responder a tal questionamento, o estudo tem como objetivo geral: avaliar o impacto das interfaces gráficas do usuário de jogos educacionais digitais no ensino da matemática para crianças com TEA nos primeiros anos do Ensino Fundamental.

Com relação aos objetivos específicos, o estudo visa:

a) Analisar a relação entre desenho da interface gráfica e sua influência na aprendizagem matemática;

b) Discutir a importância da acessibilidade de jogos digitais voltados para a aprendizagem;

c) Avaliar como o desenho da interface gráfica de jogos matemáticos disponibilizados na *web* influencia na atenção (capacidade de concluir acertadamente tarefas de matemática com autonomia) e engajamento (olhar para a tela e compreender visualmente seus elementos, não desviar seu olhar da interface gráfica e identificar os elementos da tarefa) de crianças com autismo e sem autismo;

⁶ O desenho universal é definido no Art. 3º da LBI da seguinte forma: “II - desenho universal: concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva.” (Brasil, 2015).

d) Discutir como o desenho da interface gráfica pode tornar-se um preditor de fracasso e exclusão de crianças com TEA.

Para atingir os objetivos e questões de pesquisa da presente tese, foram desenvolvidos quatro estudos que resultaram em quatro artigos organizados em modelo *multipaper*.

O primeiro artigo, que compreende o capítulo 1, teve como objetivo discutir o uso de JEDs no ensino da matemática. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico de estudos já realizados que apresentam os objetivos e perspectivas dos JEDs enquanto facilitadores da aprendizagem matemática.

Na sequência, de forma complementar, o segundo artigo está presente no capítulo 2, e constituiu-se de uma revisão integrativa de literatura que teve como objetivo mapear na literatura pesquisas empíricas que avaliaram diretrizes para a acessibilidade digital envolvendo pessoas com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA).

Posteriormente, no terceiro e quarto artigos, que constituíram os capítulos 3 e 4, foram realizados dois estudos exploratórios de rastreamento ocular, técnica que permite o registro dos movimentos oculares de um indivíduo, trazendo medidas que possibilitam calcular para onde o estudante está olhando em um determinado momento e no que está focando sua atenção. A análise do comportamento ocular de crianças com e sem autismo ao interagir com jogos educacionais digitais matemáticos é um parâmetro para compreender como elas reagem aos estímulos trazidos por esses recursos. O que torna possível a escolha de interfaces mais amigáveis e, conseqüentemente, uma maior eficácia destes recursos.

O capítulo 3 buscou comparar o comportamento ocular de crianças com e sem autismo na realização de tarefas de adição simples (soma até 10) em jogos educacionais digitais (JEDs), disponibilizadas na *web*.

O capítulo 4, por sua vez, teve por objetivo verificar como o desenho da interface gráfica de JEDs voltados para o ensino da matemática pode tornar-se um preditor de fracasso e exclusão de crianças com TEA.

Em virtude do formato *multipaper*, cada capítulo descrito acima será constituído de objetivos, revisão de literatura, metodologia, resultados, discussão e conclusões próprios, sendo que o elemento de ligação entre eles será realizado por meio dos preâmbulos que antecedem cada um dos capítulos.

Pelo que se têm notícias através dos levantamentos bibliográficos feitos neste estudo, a presente tese é pioneira no que diz respeito ao desenvolvimento de um estudo empírico avaliando a relação entre o desenho da interface gráfica do usuário de jogos educacionais

digitais matemáticos desenvolvidos para *web* e crianças brasileiras com autismo, fazendo uso de rastreamento ocular.

A hipótese que se levanta com a presente tese é de que interfaces amigáveis favorecem a atenção e o engajamento de crianças com autismo quando da interação com jogos educacionais digitais voltados ao ensino da matemática, promovendo uma aprendizagem inclusiva.

Pretende-se com este estudo contribuir para o preenchimento da lacuna existente acerca de estudos empíricos sobre a acessibilidade de interfaces gráficas de jogos educacionais digitais voltados para o ensino da matemática, bem como ampliar a discussão sobre como as condições de ensino podem ser geradoras de microexclusões no ambiente escolar.

CAPÍTULO 1

UM, DOIS, TRÊS... PLAY: POR QUE USAR JOGOS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA?

A disciplina de Matemática possui uma grande relevância educacional e social, pois está presente no dia a dia das crianças, influenciando o modo como estas se relacionam com o mundo que as cerca. Ocorre que, ao ingressarem no ambiente escolar e terem contato formal com esta disciplina, as crianças não conseguem vislumbrar e nem mesmo fazer conexões desta com fatos da vida real, concebendo a matemática como algo distante e inatingível para elas (Borges et al., 2021).

Isto ocorre porque, ainda hoje, o ensino da Matemática tem se pautado na reprodução de fórmulas, conceitos e uma série de exercícios desconectados da realidade prática do educando (Rosamund, 2009). Essa falta de conexão entre a matemática escolar e aquela presente no cotidiano tem levado a um cenário preocupante, haja vista os baixos índices de rendimento alcançados pelos estudantes brasileiros em provas de avaliação e desempenho escolar, tais como o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e o Programa de Avaliação Internacional de Estudantes (PISA).

Na última edição do PISA, realizada em 2022, que buscou verificar as habilidades e os conhecimentos adquiridos ao longo da Educação Básica dos estudantes na faixa dos 15 anos aos 16 anos e 2 meses, o Brasil ocupou os últimos lugares no *ranking* internacional, ficando na 65ª posição (Brasil, 2023). Os dados obtidos nesta avaliação revelaram que 73% dos estudantes brasileiros não possuem nível básico de Matemática, ou seja 7 em cada 10 estudantes avaliados não conseguiram resolver questões simples de Matemática (Brasil, 2023).

Esses resultados revelam que o ensino da Matemática tem sido marcado pelo fracasso e pelo temor dos estudantes que veem esta disciplina como algo chato, difícil e obsoleto. Deste modo, torna-se cada vez mais emergente a necessidade de se adotarem estratégias diferenciadas para o ensino de Matemática logo nos primeiros anos de escolarização. Sousa (2015) destaca que a criança que não consegue desenvolver a aprendizagem matemática logo nos primeiros anos de escolarização pode apresentar ainda mais dificuldades nos anos seguintes. Fato este que pode fazer com que ela seja desestimulada a aprender a disciplina, levando a uma baixa autoestima e acarretando uma série de problemas que se revelarão como uma incapacidade de aprender matemática.

Visando melhorar esses índices e promover uma educação matemática que realmente esteja conectada ao cotidiano dos estudantes, fazendo com que estes se interessem pelos conteúdos trabalhados, novas propostas e estratégias de ensino têm sido lançadas. Dentre as quais se encontra o uso das tecnologias digitais, que vêm descritas na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) como uma recomendação aos professores como forma de assegurar esta conexão entre o mundo escolar e o mundo real.

A BNCC propõe que o professor deve incorporar em sua prática as tecnologias, de modo a fazer com que os estudantes possam desenvolver competência que os tornem capazes de fazer uso de “processos e ferramentas Matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas do conhecimento, validando estratégias e resultados” (Brasil, 2018, p. 223).

Ainda de acordo com a BNCC, o uso da tecnologia, enquanto instrumento auxiliar do processo de aprendizagem, pode contribuir para que os estudantes sejam capazes de:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (Brasil, 2017, p. 09).

A partir dessas considerações, tem-se que o uso das tecnologias digitais no ensino da matemática deve se dar de forma crítica e reflexiva, possibilitando ao estudante compreender os conceitos matemáticos, relacionando-os com fatos de sua vida cotidiana. Dentre as possibilidades de inserção das tecnologias digitais no ensino da matemática, a BNCC propõe o uso de *softwares* ou aplicativos de jogos digitais educacionais (Brasil, 2018).

Surgidos na década de 1960, aperfeiçoados na década de 1970 e popularizados na década de 1980, os jogos eletrônicos (hoje nomeados de jogos digitais), pautados em consoles ligados a televisores, ganharam popularidade e adentraram a casa de milhões de pessoas, adquirindo adeptos no mundo todo. Ao longo dos anos esses jogos evoluíram e passaram a estar disponíveis não apenas nos consoles, mas, também, em outros dispositivos, como computadores pessoais, celulares, *tablets* etc. (Barboza & Silva, 2014).

Aos poucos, esses jogos foram deixando de ter apenas o caráter de entretenimento e começaram a ser utilizados para outros fins, passando a ocupar destaque inclusive no âmbito educativo (Gee, 2007; Barboza & Silva, 2014). Isto porque, além de representarem uma realidade vivenciada diariamente por crianças, jovens e adultos, os jogos digitais trazem em seu universo lúdico percepções transdisciplinares, estimulando o desenvolvimento de diversas

competências educacionais que podem ser acionadas de forma dialética e não linear, tornando a aprendizagem mais dinâmica e significativa (Gee, 2007).

Sob esta perspectiva, além de ensinar conteúdos, os jogos digitais favorecem a aprendizagem porque levam o estudante a aprender a aprender, acelerando, deste modo, seu desenvolvimento cognitivo (Gee, 2007; Prensky, 2007). Ademais, pautado em um universo imaginário dotado de diferentes significados ocultos, o jogo leva os estudantes a desenvolverem estratégias diferenciadas para solucionar os problemas que lhes são colocados (Johnson, 2001).

Especificamente no que diz respeito ao uso dos jogos digitais na educação matemática, Pereira (2017) destaca que estes contribuem para o desenvolvimento de competências matemáticas, porque possibilitam uma nova forma de compreender os objetos matemáticos, já que permitem uma aprendizagem flexível, autônoma e que transcenda a simples reprodução de formas.

Na mesma linha de raciocínio, Pea (1987) destaca que a tecnologia e seus diversos recursos e ferramentas modificaram a forma como as crianças se relacionam com a matemática. Isto porque as tecnologias possibilitaram que a criança, que antes lidava com os conceitos matemáticos apenas de forma estática, consiga fazê-lo de maneira dinâmica e interativa, ofertando novas formas de manipulação dos objetos matemáticos. Deste modo, os recursos tecnológicos, de acordo com o autor, abriram novas possibilidades para o pensamento matemático.

Goldenberg (2000) enfatiza que a tecnologia pode proporcionar novas formas de construir o pensamento matemático, contribuindo para desenvolver habilidades de generalização e flexibilidade de pensamento. Uma vez que, diante da tela do computador, os estudantes experimentam situações que possibilitam ver e manipular os objetos matemáticos de maneira dinâmica, ao mesmo tempo em que aprendem a pensar matematicamente sobre eles.

De acordo com Gravina e Santarosa (1998) os ambientes informatizados permitem ao estudante a construção e simulação de objetos concretos que são representados metaforicamente na interface e podem ser manipulados por meio das ações do estudante durante seu processo de aprendizagem, por esta razão apresentam-se como ferramentas importantes para o ensino da matemática. Isto porque o raciocínio lógico favorece a construção de relações e conceitos. Isto porque o conteúdo disposto na interface representa um desafio para o estudante, que necessita explorar, analisar e compreender as ideias ali dispostas e, assim, propor soluções para resolução de problemas complexos que lhe são apresentados tendo como finalidade alcançar o objetivo do jogo. (Gravina & Santarosa, 1998; Alves e Santos, 2018).

Borba e Penteando (2007, p. 37) destacam que “as novas mídias, como os computadores e os softwares gráficos e as calculadoras gráficas, permitem que o aluno experimente bastante, de modo semelhante ao que faz em aulas experimentais de biologia e física”. O fato de possibilitar ao estudante experimentar o contar e permitir a construção de conceitos matemáticos de forma mais dinâmica faz com que os recursos informatizados sejam, cada vez mais, defendidos como recursos propulsores da aprendizagem matemática.

A manipulação virtual dos objetos matemáticos possibilita ao estudante vivenciar situações de aprendizagem que não seriam possíveis em recursos físicos. Assim, o uso de recursos digitais para a educação matemática deve ter como meta contribuir para que o estudante possa pensar matematicamente (Pea, 1987; Goldenberg, 2000).

O recurso tecnológico que se pretende utilizar para a educação matemática deve ser concebido como uma ferramenta capaz de promover a autopercepção do estudante como agente matemático, ou seja, um sujeito capaz de criar a matemática. Para tanto, deve criar situações que lhe permitam pensar matematicamente, relacionando as situações do jogo com a utilidade prática da matemática, respeitando o nível de aprendizagem e fazendo com que o estudante vá construindo o conhecimento matemático de forma gradativa (Pea, 1987).

De acordo Devlin (2011) um ambiente propício para a aprendizagem matemática é aquele em que o aprendizado acontece de forma natural e significativa o que, segundo o autor, ocorre nos jogos digitais. Isto porque eles trazem um conjunto de problemas que estão incorporados no mundo do jogo e têm significado no ambiente do jogo, fazendo com que os conceitos abstratos ganhem significado diante de uma situação concreta, o que contribui para que o estudante utilize seus conhecimentos prévios a fim de resolver os desafios do jogo.

Um ambiente capaz de potencializar a aprendizagem matemática. Uma vez que permite que o estudante experimente diferentes técnicas e busque novas formas de solucionar um problema, dando uma nova dimensão ao erro, que deixa de ser visto como fracasso e passa a ser concebido como uma nova possibilidade de ação (Devlin, 2011)

Assim, os jogos digitais têm sido concebidos como potencializadores do aprendizado matemático por representarem uma atividade lúdica na qual os estudantes necessitam elaborar estratégias que irão direcionar suas ações a fim de alcançarem os objetivos do jogo, contribuindo para o “pensar matematicamente” (Devlin, 2011; Schuytema, 2008). Esta nova forma de entrar em contato com os conceitos matemáticos pode contribuir para que a aprendizagem ocorra de forma mais significativa e efetiva. Isto porque possibilita uma apresentação diferenciada da matemática, fazendo com que o estudante ao invés memorizar experencie os conceitos trabalhados (Borges et al., 2021).

Uma pesquisa ação desenvolvida por Pereira (2017) junto a 60 estudantes e três Professores de Matemática em Oficinas Curriculares com duração de dois anos buscou investigar as contribuições dos jogos digitais no desenvolvimento de conhecimentos matemáticos. Através de observação participante, entrevistas semiestruturadas, entrevistas informais, grupos focais, registros de áudio e vídeo e imagens e diários de campo, o pesquisador analisou o efeito dos jogos digitais no desenvolvimento de competências matemáticas. Os resultados da pesquisa revelaram que o uso jogos digitais conferiu sentido e significado à aprendizagem dos estudantes fazendo com que estes desenvolvessem competências e habilidades cognitivas relacionadas ao ensino da matemática com flexibilidade e autonomia, além de favorecer a compreensão de conteúdos matemáticos de forma colaborativa e lúdica. Revelaram, ainda, a necessidade de formação permanente dos professores para que possam trazer para sala de aula tecnologias inovadoras e, também como as novas perspectivas pedagógicas fazendo uso das tecnologias digitais podem reduzir os desafios e dificuldades enfrentados no ensino da matemática em escolas públicas.

Borges et al (2011) buscaram, por meio de uma revisão de literatura, analisar o uso de jogos digitais como um procedimento metodológico para ensinar Matemática, visando o desenvolvimento de competências e habilidades essenciais de estudantes do 6º ao 9º ano do ensino fundamental. Os resultados trouxeram indícios de que a interação com jogos digitais possibilita uma aproximação dos estudantes com os conceitos matemáticos, possibilitando, deste modo, uma aprendizagem mais significativa e o rompimento com o mito de que a matemática é uma disciplina para poucos.

Moradi (2017) desenvolveu uma pesquisa experimental que teve como objetivo analisar os efeitos dos jogos educacionais digitais na aprendizagem de conceitos matemáticos por estudantes com TEA. Para o desenvolvimento da pesquisa foram selecionados dois grupos de 15 estudantes com TEA, um denominado grupo controle e outro grupo experimental. Ambos os grupos recebiam as orientações do professor de sala a respeito de conceitos matemáticos envolvendo adição, subtração, multiplicação e divisão. Após receber estas orientações, os estudantes do grupo experimental realizavam atividades em jogos informatizados que buscavam fixar o conceito ensinado pelo professor, enquanto o grupo controle o fazia por meio de exercícios tradicionais.

Resultados comparando o nível de aprendizagem dos estudantes no pré-teste (realizado antes da intervenção com o grupo experimental) e pós-teste (realizado após a intervenção com o grupo teste) demonstraram que na primeira fase o nível de aprendizagem com relação aos conceitos matemáticos de ambos os grupos era similar; todavia, no pós-teste a pontuação obtida

pelo grupo experimental foi bem superior ao controle. A partir destes dados o pesquisador concluiu que a utilização de jogos digitais contribuiu para a consolidação dos conceitos matemáticos aprendidos e aumento da motivação dos estudantes.

Em sua pesquisa de mestrado, Souza (2019) também encontrou resultados positivos com relação ao uso de jogos educacionais digitais no processo de aprendizagem de estudantes com TEA, especialmente no que diz respeito ao seu envolvimento com as atividades, maior atenção e concentração, capacidade de lidar com frustrações e capacidade de generalização dos conceitos aprendidos no ambiente virtual. Participaram da pesquisa dois estudantes diagnosticados com TEA inseridos na rede regular de ensino, com oito e nove anos de idade, que apresentavam déficits na aprendizagem da matemática, especificamente no que diz respeito à realização de operações matemáticas de adição e subtração e, também, dos conceitos geométricos primários.

A metodologia utilizada por Souza (2019) foi o estudo de caso. Foram realizados no total 24 encontros com cada estudante, com duração de 50 minutos cada, em momentos e locais distintos nos quais estes participavam de atividades informatizadas por meio de jogos de softwares de licença livres e sites disponibilizados pela internet que abordavam conceitos de contagem, adição e formas geométricas. Os resultados obtidos revelaram que os estudantes tiveram uma melhora significativa com relação aos conceitos matemáticos trabalhados, superando algumas de suas dificuldades apresentadas no início do estudo, além de melhoraram outros aspectos como concentração, atenção e interesse.

Com base nos levantamos bibliográficos e estudos apresentados pode-se dizer que a utilização de jogos digitais nas aulas de matemática pode propiciar uma abordagem metodológica mais criativa, desafiadora e envolvente capaz de promover uma aproximação entre a matemática cotidiana e a escolar. Isto favorece o estabelecimento de uma nova relação entre o estudante e a matemática e, conseqüentemente, em um melhor aprendizado (Alves & Santos, 2018).

Todavia, é necessário ressaltar que toda esta potencialidade dos jogos digitais para o ensino da matemática não está atrelada apenas a introdução destes no ambiente escolar, mas na forma com que é introduzido e, sobretudo, nas características do jogo, em especial no que diz respeito à sua acessibilidade. Por esta razão é preciso lançar um olhar crítico sobre o recurso que está sendo disponibilizado ao estudante, sob pena de tornar ineficaz toda sua utilização.

PREÂMBULO AO CAPÍTULO 2: ACESSIBILIDADE: POR QUÊ, PARA QUEM?

O capítulo anterior, demonstrou que o ensino da matemática tem, na maioria das vezes, sido concebido pelos estudantes como algo difícil, chato e desvinculado da vida real. Este fator tem feito com que grande parte dos estudantes apresente uma baixa proficiência nesta disciplina.

Essa falta de conexão entre a matemática do cotidiano e a escolar se deve, muitas vezes, à metodologia utilizada nas escolas. Visando modificar esta realidade, têm sido propostas novas estratégias de ensino, que buscam tornar as aulas mais dinâmicas. Dentre elas destaca-se o uso de jogos digitais, apontados pela literatura como uma metodologia promissora por serem dotados de características que possibilitam tornar o ensino da matemática mais dinâmico, significativo e vinculado à realidade.

Todavia, para que realmente se mostre como um recurso didático eficaz na aprendizagem da matemática, é preciso que o jogo digital seja dotado de características que possibilitem a maior acessibilidade possível. Acessibilidade que se torna ainda mais importante quando se tem como foco a aprendizagem de estudantes com TEA. Assim, o próximo capítulo trará uma discussão sobre a acessibilidade de interfaces digitais voltadas para pessoas com TEA através de uma revisão integrativa de literatura.

CAPÍTULO 2

DIRETRIZES DE ACESSIBILIDADE DE INTERFACES DIGITAIS PARA PESSOAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA⁷

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) se classifica como um conjunto específico de déficits comportamentais qualitativos no desenvolvimento sociocomunicativo, comportamentos estereotipados, com repertório restrito de interesses e atividades. Segundo o DSM-5 TR, o TEA é classificado como transtorno do neurodesenvolvimento (APA, 2023). Este conjunto de sintomas pode limitar ou dificultar o funcionamento diário do indivíduo, ocasionando prejuízos de ordem pessoal, social, acadêmica e profissional (APA, 2023).

Essas características comuns, entretanto, não podem ser utilizadas de modo a uniformizar as pessoas com TEA dentro de um grupo homogêneo. Em virtude de se tratar de um espectro, o autismo apresenta uma grande diversidade de características e graus de comprometimento, podendo este ir de leve a grave. O TEA pode, ainda, estar associado a outras comorbidades, comumente relacionadas à Deficiência Intelectual (APA, 2023).

Por meio do apoio familiar e uma ação interventiva multiprofissional, é possível promover melhoras significativas na vida da pessoa com TEA (Locatelli, 2016), como, por exemplo, por meio da intervenção comportamental intensiva, identificada na revisão de Medavarapu et al. (2019) como tratamento comprovadamente científico.

Para a devida implementação da intervenção comportamental, é necessária a avaliação do repertório comportamental, registro e análise dos dados para posterior tomada de decisão, em relação aos objetivos de ensino de cada comportamento específico, em cada área do desenvolvimento. Nesse caso, o uso de tecnologia tem sido valioso, do ponto de vista de otimizar o registro dos dados e análise, assim como no fornecimento de instruções curtas e padronizadas (Silva et al., 2020; Trevisan et al., 2019).

Ao longo das duas últimas décadas, as tecnologias digitais têm sido utilizadas como suporte para pais e terapeutas, buscando facilitar o aprendizado e a independência dos

⁷ Este capítulo trata-se de artigo publicado na Revista Educação Especial, v. 34, no ano de 2021, <http://dx.doi.org/10.5902/1984686X62649>, tendo como autora principal Andriara Cristina de Souza (doutoranda) e como coautores João dos Santos Carmo (orientador) e Priscila Benitez (coorientadora). Para inserção nesta tese, foram mantidos apenas o título e o resumo em português, sendo retirados os títulos em inglês e espanhol, bem como o *abstract* e o *resumen*. Também foi realizada a adaptação do texto para as normas da APA 7ª edição, em virtude de ter sido publicado sob as normas da ABNT, bem como algumas alterações na apresentação dos dados.

indivíduos com TEA (Chien et al., 2015), principalmente como favorecedoras da garantia da quantidade mínima de horas da intervenção comportamental intensiva, assim como para avaliação da generalização da aprendizagem (Silva et al., 2020; Trevisan et al., 2019). Portanto, desenvolver tecnologias digitais para otimização das intervenções comportamentais pode ser um passo importante para garantir um maior envolvimento de pessoas, por meio da escalabilidade, já que, no Brasil, não existe uma normativa na área da saúde, educação e assistência social que garanta esse tipo de intervenção no contexto das políticas públicas. Alternativas como o uso das tecnologias digitais podem criar condições para favorecer o envolvimento de pessoas que não teriam condições se dependessem unicamente de verba privada.

Ao analisar as tecnologias digitais disponíveis, é possível constatar que grande parte das diretrizes utilizadas para a produção de *softwares* e aplicativos tem uma linguagem voltada para as pessoas da área computacional, o que torna sua compreensão difícil para pessoas leigas nesta área (Britto & Pizzolato, 2016; Darejeh & Singh, 2013; Pavlov, 2014; Rezae et al., 2020; Silva et al., 2020). A fim de tornar as interfaces digitais mais acessíveis e facilitar a sua utilização por diferentes tipos de usuários, necessário se faz o desenvolvimento de diretrizes que visem atender a diferentes especificidades dos usuários, tornando os sistemas mais personalizáveis e interativos, levando em conta uma perspectiva do desenho universal (Brasil, 2016).

Prever, portanto, condições de acessibilidade para todas as pessoas, desde o *design* da tecnologia até sua efetiva implementação, é fundamental para o desenvolvimento de qualquer tecnologia digital, sobretudo na área educacional inclusiva, para garantir o envolvimento de alunos com TEA. Para os propósitos deste estudo, será utilizado o termo “acessibilidade” no sentido de flexibilidade proporcionada para o acesso à informação e à interação, de maneira que usuários com diferentes necessidades possam acessar e usar esses sistemas (Silva & Barbosa, 2010, p. 32).

A acessibilidade, em termos digitais, possibilita que as interfaces se tornem operáveis e compreensíveis por uma ampla variedade de pessoas com diversas habilidades e em diferentes condições ambientais e de estímulos, ampliando a interatividade com o *software* (Henry, 2007). Interfaces acessíveis possibilitam maior interação do usuário com o programa, contribuindo para melhor aproveitamento de seus benefícios. Por outro lado, interfaces complexas e difíceis de usar podem confundir os usuários, levando-os a abandonar o *software*, mesmo que este lhes traga benefícios (Britto & Pizzolato, 2016; Darejeh & Singh, 2013; Pavlov, 2014; Rezae et al., 2020).

Com a finalidade de tornar *websites* acessíveis a todos, a *World Wide Web Consortium* (W3C), a partir de meados da década de 1990, tem desenvolvido diretrizes de acessibilidade, também chamadas de *guidelines*. Trata-se de um conjunto de recomendações/orientações não obrigatórias que buscam direcionar o trabalho de desenvolvedores (World Wide Web Consortium [W3C], 2005). A *Web Accessibility Initiative* (WAI) é um dos braços do W3C, sendo o órgão responsável por desenvolver diretrizes, estratégias e recursos para acessibilidade da *web*. Dentre elas está a WCAG – *Web Content Accessibility Guidelines*, que atualmente se encontra na versão 2.1 e traz algumas recomendações relacionadas a deficiências cognitivas. Estas diretrizes visam diminuir as barreiras para que pessoas com diferentes deficiências possam acessar a internet.

As *guidelines* buscam realizar uma padronização para a elaboração de ambientes informacionais digitais, objetivando solucionar problemas que possam influir negativamente na acessibilidade, privando os usuários do acesso ao conteúdo de um determinado *site*. Apesar de não obrigatórias, estas diretrizes são importantes para o processo de tomada de decisão, ao implementarem uma determinada solução (Britto & Pizzolato, 2016).

Estudos sobre acessibilidade têm sido desenvolvidos ao longo das últimas décadas. Todavia, grande parte deles, conforme destacam Britto e Pizzolato (2016) e Eraslan et al. (2019), tem como foco deficiências físicas, visuais e auditivas, havendo uma importante lacuna no que diz respeito às deficiências cognitivas. Reconhecendo esta lacuna, o W3C criou no ano de 2014 um grupo de força-tarefa denominado *Cognitive and Learning Disabilities Task Force* (COGA), com a finalidade de desenvolver pesquisas relacionadas à acessibilidade *web* para pessoas com deficiências cognitivas, neuronais ou de aprendizagem (Seeman & Cooper, 2016). Ao se pensar em um público heterogêneo, é possível propor soluções diversificadas que atendam a um maior número de pessoas, independentemente de suas condições, conforme previsto no desenho universal (Brasil, 2016).

No ano de 2016, o COGA publicou algumas diretrizes gerais para o desenvolvimento de *sites* para usuários com deficiências cognitivas, neuronais ou de aprendizagem. As orientações eram divididas em categorias e algumas se relacionavam especificamente com TEA.

Tendo como uma das referências o COGA e sem buscar substituir as normas da WCAG, Britto e Pizzolato (2016) apresentaram, no Brasil, um conjunto de diretrizes de acessibilidade voltadas para usuários com TEA, denominado Guia de Acessibilidade de Interfaces *Web* para Pessoas com Autismo (GAIA). Trata-se de um conjunto de recomendações que visa auxiliar

desenvolvedores de *softwares* e educadores digitais a compreender como desenvolver *websites* que busquem atender às necessidades de pessoas com TEA, com foco em interfaces *web*.

Embora a versão 2.1 da WCAG tenha adicionado algumas recomendações relacionadas a deficiências cognitivas, que impactam pessoas com TEA, e a despeito da existência de alguns estudos relacionados à temática desenvolvidos em países como Reino Unido, Estados Unidos, Itália e Brasil, as diretrizes de *design* para facilitar a utilização de interfaces por pessoas com TEA carecem de dados empíricos (Britto & Pizzolato, 2016; Eraslan et al., 2019; Rezae et al., 2020).

Entre os fatores que contribuem para a existência desta lacuna, estão: (I) o custo e a complexidade necessários para pesquisar, informar, avaliar e implantar um *design* acessível (Dattolo et al., 2016; Pavlov, 2014); (II) as elaborações das diretrizes internacionais são, de forma geral, pautadas em critérios diagnósticos e previsibilidade de possíveis barreiras a serem enfrentadas, sem levar em conta a participação do usuário com TEA (Raymaker et al., 2020); (III) muitas diretrizes são restritas a artigos científicos e podem apresentar linguagem de difícil compreensão (Britto & Pizzolato, 2016); (IV) grande parte das diretrizes não foi avaliada empiricamente (Raymaker et al., 2020; Valencia et al., 2013); (V) o desconhecimento dos desenvolvedores sobre as características e necessidades das pessoas com deficiências cognitivas, grupo no qual se encontram as pessoas com TEA (Britto & Pizzolato, 2016; Dattolo et al., 2016; Pichiliani & Pizzolato, 2019); (VI) os estudos experimentais relativos a estas diretrizes ainda se encontram em estágios iniciais e apresentam resultados preliminares e que necessitam de maiores aprofundamentos, apesar de apresentarem contribuições relevantes para a área (Eraslan et al., 2019, 2020; Raymaker et al., 2020; Rezae et al., 2020; Yaneva et al., 2018); (VII) as condições de operacionalização do *design* universal (Brasil, 2016).

Assim sendo, o objetivo do trabalho foi mapear na literatura pesquisas empíricas que avaliaram diretrizes para acessibilidade digital, envolvendo pessoas com TEA. Esperou-se, com este estudo, traçar uma lista de itens validados empiricamente e sugeridos pela literatura como elementos potenciais para promover a acessibilidade digital para todas as pessoas, em especial para as pessoas com TEA.

Método

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma Revisão Integrativa (RI) da literatura. Este método tem como objetivo agregar resultados de pesquisas, de maneira sistemática, a respeito de uma temática determinada. Ele permite compilar, de forma sintética,

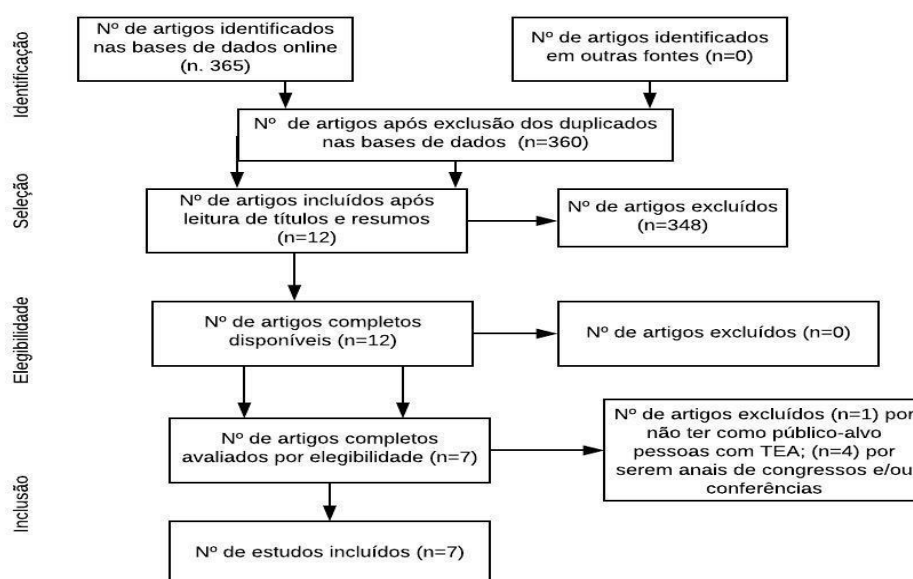
diferentes estudos, com delineamentos distintos, publicados em um período de tempo específico, possibilitando um aprofundamento sobre o tema proposto, reduzindo incertezas e evidenciando lacunas, bem como sugerindo estudos posteriores como forma de densificar dados já existentes ou preencher lacunas relevantes (Ercole et al., 2014; Whittemore & Knafel, 2005; Mendes et al., 2008).

Procedimento de coleta dos artigos

Para a realização do estudo, foram garantidos os seguintes passos: a) identificação do tema e seleção da hipótese: o tema do estudo versou sobre acessibilidade digital e TEA e esperou-se, com isso, identificar elementos necessários para a garantia da acessibilidade, via desenho universal; b) estabelecimento da estratégia de pesquisa: foram propostos, logo após, os critérios de inclusão e exclusão para seleção dos estudos; c) definição e coleta de dados, em três bancos (*Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*); d) análise dos dados coletados; e) interpretação dos dados com base nos objetivos e na literatura consultada; f) apresentação dos resultados, com base na análise realizada (Whittemore & Knafel, 2005). A revisão do processo baseou-se nas recomendações da lista de conferência *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Figura 1).

Figura 1

Fluxograma da seleção dos artigos elaborado a partir das recomendações PRISMA



O levantamento do material se deu nos meses de abril e maio de 2020. A busca foi realizada por meio de acesso remoto ao conteúdo assinado, a partir do acesso CAFE – Comunidade Acadêmica Federada, provido pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) para instituições federadas, a partir da Universidade Federal de São Carlos. Buscou-se por artigos indexados junto às bases de dados *on-line Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*. Para as buscas, foram utilizadas as seguintes combinações de descritores: “*Accessibility Guidelines*” AND “*Autism Spectrum Disorder*” OR “*Autism*”; “*Accessibility*” AND “*Autismspectrumdisorder*” AND “*Software*” OR “*App*”; “*Guidelines Accessibility*” AND “*Autism*”; “*Accessibility Software*” AND “*Autism Spectrum Disorder*” OR “*Autism*” – e seus equivalentes em português e espanhol.

Foram aplicados filtros de busca conforme os critérios de inclusão e exclusão determinados. Estabeleceu-se como critérios de inclusão: a) artigos publicados nos últimos 10 anos (2010-2020); b) publicações em português, inglês ou espanhol; c) pesquisas envolvendo análises de diretrizes de acessibilidade para pessoas com autismo; d) artigos revisados por pares. Como critérios de exclusão, foram considerados: a) idiomas diferentes de português, inglês ou espanhol; b) pesquisas envolvendo diretrizes de acessibilidade para outros tipos de deficiência; c) pesquisas com abordagem médica; d) teses e dissertações; e) artigos indisponíveis (não encontrados).

Análise dos dados

A análise foi estruturada em dois eixos. O primeiro sobre as principais características dos estudos em relação ao ano de publicação, revista, país e participantes. A segunda análise foi qualitativa sobre as diretrizes utilizadas, os principais resultados e os itens mensurados como fundamentais para garantia da acessibilidade digital das pessoas com TEA, de acordo com os estudos recuperados com a busca.

Resultados

Na busca inicial junto às bases de dados utilizando as combinações de descritores supra e retroapresentados, foram encontradas 365 publicações, sendo 42 na base de dados *Scopus*, 16 na base *Web of Science* e 307 na base *Google Scholar*. Em seguida, foram identificados cinco artigos duplicados (o mesmo estudo ocorreu em mais de uma base de dados), restando 360 artigos. Após a leitura exploratória dos títulos e resumos, foram previamente selecionados 12 artigos e excluídos 348. Foi realizada a leitura analítica integral destes 12 artigos, sendo que,

após a aplicação dos critérios de elegibilidade, sete foram incluídos para compor o *corpus* da revisão e cinco foram excluídos (um por não ter como público-alvo pessoas com TEA e quatro por serem publicações realizadas em anais de congressos e/ou conferências) (vide Figura 1).

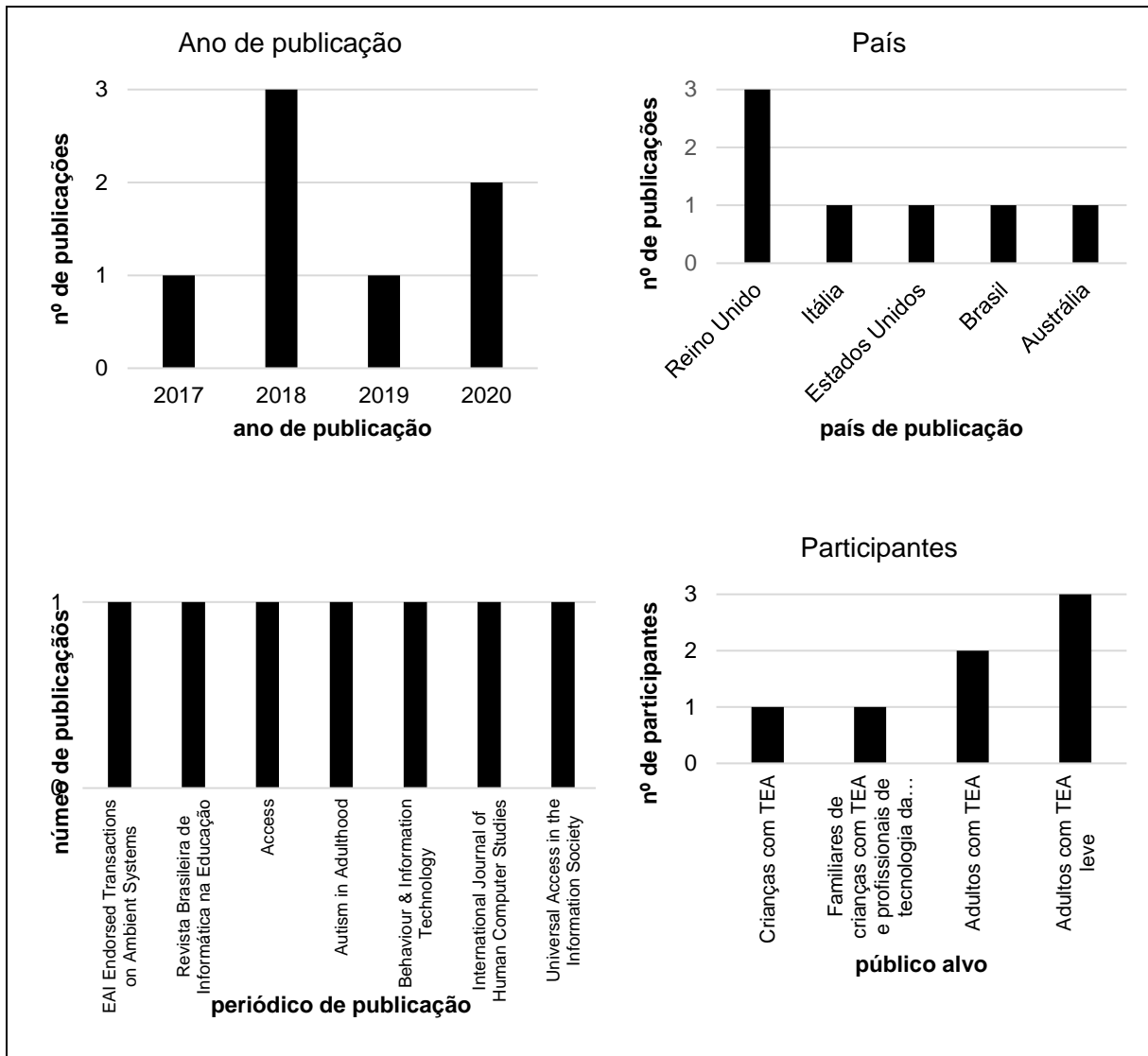
Dos sete artigos que compuseram o *corpus* desta revisão, seis foram publicados em periódicos internacionais e um em periódico brasileiro. No que concerne ao ano de publicação, embora tenham sido buscados, não foram encontrados estudos que atendessem aos critérios de inclusão entre 2010 e 2016. Entre os artigos incluídos, um foi publicado em 2017, três em 2018, um em 2019 e dois em 2020. Foi possível perceber uma diversidade cultural entre os trabalhos publicados, contando com contribuições do Reino Unido (3), Itália (1), Estados Unidos (1), Austrália (1) e Brasil (1) (vide Figura 2).

Com relação aos participantes/público-alvo das pesquisas, a maioria dos trabalhos (três) teve como participantes pessoas adultas diagnosticadas com TEA leve (Eraslan et al., 2019, 2020; Rezae et al., 2020) e dois estudos, adultos com TEA (Raymaker et al., 2020; Yaneva et al., 2018). Já um estudo envolveu participantes cuidadores responsáveis pelo suporte a pessoas com TEA entre 3 e 12 anos e profissionais da tecnologia da informação (Britto & Pizzolato, 2018). Houve um estudo com crianças com TEA (Dattolo et al., 2016); todavia, tal estudo não envolveu testagens experimentais, apenas a elaboração de diretrizes de acessibilidade e análise de *sites* e aplicativos com base nessas diretrizes. É fundamental ressaltar que tais pesquisas não envolveram crianças, adolescentes e adultos com TEA moderado ou severo (Figura 2).

Ainda sobre os participantes, é fundamental ressaltar que os estudos conduzidos com adultos com TEA leve realizaram análises de acessibilidade a partir de estudos empíricos experimentais, utilizando a técnica de rastreamento ocular e presença de grupo-controle com pessoas sem TEA. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente (Eraslan et al., 2019, 2020; Rezae et al., 2020; Yaneva et al., 2018), com comparações entre grupos. O estudo comparativo analisou a adequação de *sites* e aplicativos às diretrizes de acessibilidade desenvolvidas pelos autores (Dattolo et al., 2016). Já o estudo participativo, a partir da análise de diretrizes de acessibilidade já existentes, elaborou um conjunto de diretrizes para apoiar a elaboração de um *site* para saúde voltado para pessoas com TEA e testes de avaliação junto a pessoas no espectro e cuidadores (Raymaker et al., 2020). Por fim, o estudo bibliográfico exploratório se deu mediante uma exaustiva revisão de literatura a diretrizes, estudos e práticas de acessibilidade envolvendo pessoas com TEA, e também com deficiências cognitivas, compilando as recomendações mais recorrentes que embasaram a elaboração das diretrizes voltadas para o público-alvo do estudo e a avaliação piloto das recomendações (Britto & Pizzolato, 2018).

Figura 2

Características gerais dos estudos considerados como resultados



Os estudos valeram-se das diretrizes internacionais estabelecidas pela W3C sobre acessibilidade para embasar suas análises, seja a partir de experimentação, estudos comparativos, ou mesmo propositura de diretrizes próprias para pessoas com TEA. A Tabela 1 mostra as diretrizes e os principais resultados dos estudos.

Tabela 1*Estudos sobre avaliação de diretrizes de tecnologia digital e o TEA*

Diretriz	Tema da diretriz	Principais resultados
Elaboração própria	Acessibilidade e usabilidade para <i>sites</i> e aplicativos móveis para usuários com TEA (Dattolo & Flaminia, 2017).	<i>Sites</i> : Maioria direcionada a usuários adultos com TEA leve. A capacidade de resposta é negligenciada, não há subdivisão de tarefas e adaptação. <i>Apps</i> : Limitações de navegação e previsibilidade das tarefas. Apesar de possibilitarem a personalização, esta é muitas vezes complexa de ser realizada. Uso de sintetizadores disponíveis em diferentes aplicações. Produção de sons que não são facilmente reconhecidos por usuários. A adaptação da linguagem e também das vozes melhoraria muito a qualidade dessas aplicações.
Elaboração própria	Desenvolvimento de <i>websites</i> adequados às necessidades de crianças com TEA, em plataforma <i>web</i> e/ou dispositivos multitoque (Britto & Pizzolato, 2018).	Vocabulário visual e textual: linguagem simples, sem ironia, jargões, abreviações, frases curtas, uso de marcadores como listas, representação de ações no cotidiano, etc. Engajamento: interface simples, com poucos elementos, separar conteúdos distintos, etc. Customização: cores, controle de usuário, texto, fontes, etc.
Elaboração própria	Desenvolvimento de <i>site</i> de saúde acessível destinado a usuários com TEA da <i>web</i> (Raymaker et al., 2020).	Três categorias: diretrizes de acessibilidade física, acessibilidade intelectual e acessibilidade social.
Avaliação de diretrizes de acessibilidade, relacionadas à complexidade visual de <i>websites</i> com uso de <i>eye tracking</i>	Complexidade visual da página da <i>web</i> e capacidade de diferenciação dos elementos das páginas da <i>web</i> (Eraslan et al., 2020).	Comportamento diferente dos grupos de pessoas com e sem TEA, na realização de tarefas específicas na <i>web</i> . <i>Sites</i> com <i>layouts</i> muito complexos dificultam a interação de pessoas com TEA, pois tendem a focar em elementos irrelevantes das páginas visualmente complexas ou nas quais os elementos não estão facilmente distinguíveis. A alta complexidade visual de uma página ou a baixa diferenciação de seus elementos provoca efeitos diferentes entre grupos de pessoas com e sem TEA.

No que diz respeito aos objetivos dos estudos, cinco deles buscaram avaliar a interação das pessoas com TEA nos ambientes virtuais (*webpages*), a fim de verificar possíveis diferenciações entre os caminhos utilizados pelas pessoas com e sem TEA na busca por informações na *web*, de modo a testar os fundamentos que direcionam as diretrizes de acessibilidade internacionais (Eraslan et al., 2019, 2020; Rezae et al., 2020; Yaneva et al., 2018).

Outra pesquisa realizou uma extensa revisão de trabalhos envolvendo diretrizes e práticas de acessibilidade recomendadas para elaboração de interfaces para pessoas com TEA e outras recomendações internacionais, a fim de verificar as de maior incidência e propor um conjunto de diretrizes próprias que contemplasse as especificidades de usuários com TEA, especialmente crianças; também houve entrevistas com familiares e testagem piloto das

recomendações por especialistas (Britto & Pizzolato, 2018). Um estudo buscou o desenvolvimento, avaliação e validação de *site* para contribuir nos cuidados com a saúde voltados a pessoas com TEA, avaliado por meio de testes aplicados com pessoas com TEA e cuidadores (Raymaker et al., 2020); já um outro avaliou *sites* disponibilizados para crianças com TEA, a fim de verificar se eles atendem às recomendações de acessibilidade estabelecidas para este público, desenvolvidas pelos autores (Dattolo et al., 2016). A Figura 3 reuniu as características digitais analisadas pelos estudos, com o uso de delineamento experimental de grupo de pessoas com e sem TEA.

Figura 3

Características digitais analisadas nos estudos com delineamento de grupo de pessoas com e sem TEA.

	Características digitais	Resultados
Delineamento Experimental de Grupo: pessoas com e sem TEA	Processamento de páginas da <i>web</i> , com foco na atenção visual (Yaneva et al., 2018).	Os participantes com TEA focaram mais em elementos irrelevantes (que apresentam objetivo periférico ou que não eram relevantes para a tarefa), enquanto estes foram descartados pelo grupo-controle, ao executar as tarefas. Os dados revelaram ainda que, mesmo após terem encontrado a resposta correta, usuários com TEA continuaram a pesquisar, o que traz evidência de que não reconheceram a resposta como correta.
	Busca por informações em páginas da internet, com enfoque na distração causada por conteúdo secundário e confusão causada por transições entre os elementos de páginas da <i>web</i> (Eraslan et al., 2019).	Pessoas com TEA: olharam mais para elementos irrelevantes e tiveram verificação de caminhos mais longos. O tempo de duração das fixações foi menor, realizaram maiores transações entre elementos das páginas da <i>web</i> , apresentando variações dentro do próprio grupo, com uso de diferentes estratégias de busca de informações, quando comparadas a pessoas sem TEA.
	Avaliar um aplicativo de transporte público desenvolvido a partir de recomendações de acessibilidade para pessoas com TEA (Rezae et al., 2020).	Pessoas com TEA processam mais facilmente ícones e imagens, em relação aos textos. O uso concomitante de textos e ícones facilita a compreensão de usuários com TEA, desde que eles sejam complementares, caso contrário os confundem.

A técnica de rastreamento ocular foi utilizada nos estudos (Eraslan et al., 2019; Yaneva et al., 2018) para comparação das medidas do olhar, número e tempo de fixações oculares para processamento das páginas e busca de informações em páginas da internet. Esses resultados são importantes para orientação de *design* digital na elaboração de páginas mais amigáveis para todas as pessoas.

Discussão

O mapeamento sistemático da literatura identificou sete pesquisas empíricas que avaliaram diretrizes para acessibilidade digital, sendo que a maioria (n=3 – Figura 3) utilizou um protocolo próprio, elaborado pelos próprios autores, a partir de estudos fundamentados na literatura. Os principais resultados identificados como itens promissores na construção e/ou adequação de recursos digitais foram: a) em *site* existe a necessidade de subdivisão de tarefas e adaptação e em *apps* é preciso deixar mais previsíveis as tarefas, com tarefas personalizadas mais facilmente programáveis e adaptação da linguagem (Dattolo & Flaminia, 2017); b) *sites* com poucos *layouts* (Eraslan et al., 2020); c) uso de ícones e imagens concomitantes ao texto, de maneira completar (Rezae et al., 2020); d) vocabulário visual e textual, engajamento e customização (Britto & Pizzolato, 2018).

A partir dos estudos analisados, constatou-se que existe uma baixa produção (n=7) de estudos baseados em evidências empíricas promovidas por estudos experimentais, no que diz respeito à acessibilidade de interfaces para pessoas com TEA, especialmente quando se trata de crianças. Esta carência pode estar ligada à pouca atenção destinada à acessibilidade cognitiva (Britto & Pizzolato, 2018; Rezae et al., 2020; Yaneva et al., 2018), que somente passou a ser objeto de pesquisa há pouco mais de uma década, quando Friedman e Bryen (2006) realizaram os primeiros ensaios sobre o tema. Os autores propuseram um conjunto de 22 diretrizes de acessibilidade da *web* para pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento. Para tal, realizaram uma extensa revisão bibliográfica de estudos envolvendo diretrizes de especialistas, governos e instituições. Os pesquisadores fizeram recomendações com relação ao uso de figuras, gráficos, ícones e símbolos junto com o texto; uso de texto claro e simples; uso de navegação e *design* consistente; uso de cabeçalhos, títulos e avisos. Embora não tenham sido desenvolvidas especificamente para o público de pessoas com TEA, estas diretrizes trouxeram implicações importantes para se pensar em *guidelines* voltadas para estes usuários.

Outra forma de desenvolver diretrizes pode ser feita por familiares, professores e profissionais que atuam com pessoas com TEA. Putnam e Chong (2008), apesar de não apresentarem diretrizes de acessibilidade, desenvolveram um estudo empírico importante com pais e professores de pessoas com TEA, buscando destacar aspectos que podem auxiliar na criação de interfaces tecnológicas para essas pessoas, de modo a dialogar com os achados de Britto e Pizzolato (2018) para a proposição das diretrizes de acessibilidade.

De maneira geral, nota-se uma curva ascendente no número de publicações (Figura 2), de acordo com a distribuição temporal dos artigos publicados ao longo do período analisado,

por meio de estudos experimentais com grupos de usuários com TEA (Eraslan et al., 2019, 2020; Raymaker et al., 2020; Reaze et al., 2020).

Esses achados sugerem que as pesquisas sobre acessibilidade, bem com a própria definição destas diretrizes, ainda se encontram em fase preliminar, sobretudo no escopo nacional. Outro fator importante é que, apesar das similaridades entre as diretrizes apresentadas (Dattolo et al., 2016; Britto & Pizzolato, 2018; Raymaker et al., 2020), ainda não há uma uniformização delas. Talvez pelo fato de as diretrizes de acessibilidade internacionais, como as da WCAG, listarem os requisitos dos usuários da *web* com TEA sob o termo geral “deficiências cognitivas”. Este fator pode ser também uma das razões pelas quais ainda não haja uma preocupação efetiva com estas diretrizes.

Percebe-se que a maioria dos estudos experimentais, para coleta dos dados, utilizou a técnica de rastreamento ocular, com uso de um dispositivo para avaliar o olhar do participante. Trata-se de uma técnica que possibilita o rastreamento e a gravação dos comportamentos oculares, tais como número de fixações oculares, tempo de duração de cada fixação e respectiva velocidade, caminho percorrido pela pupila, dilatação da pupila e sacada (Grebot, 2016). Sua utilização tem sido crescente em pesquisas que envolvem testes de usabilidade, especialmente com pessoas com TEA, uma vez que a medida do olhar se refere a uma medida de processamento visual, que necessariamente envolve a atenção (Rodas et al., 2014). Apesar da eficiência apresentada nos estudos, essa técnica pode apresentar algumas inconsistências, uma vez que a contagem pura de fixações pode não revelar a real interação dos usuários com a interface. Alguns desafios ainda são postos com o uso desta técnica, como calibração, uso com crianças pequenas, uso de dispositivo móvel etc. (Nielsen & Pernice, 2009).

Outro aspecto importante a se destacar é que as pesquisas experimentais foram realizadas, em sua maioria, com adultos com TEA leve. Isto se apresenta como uma limitação e um viés, já que resultados diferentes podem ser encontrados em pesquisas conduzidas com pessoas com TEA com outras idades e, também, outros níveis de acometimento dos sintomas. Este fato impossibilita a generalização desses estudos. Pessoas com TEA podem apresentar diferenças de processamento visual se comparadas às pessoas sem TEA, entre elas estão disfunção executiva, coerência central e, em alguns casos, baixa velocidade de processamento (Happé & Frith, 2006; Mintz, 2013). A disfunção executiva faz com que pessoas com TEA encontrem dificuldades em iniciar tarefas e identificar as etapas necessárias para cumpri-las (Mintz, 2013).

Indivíduos com pouca coerência central podem se concentrar excessivamente nos detalhes de um cenário e ter dificuldades para entender o significado geral (Booth & Happé,

2010; Mintz, 2013). Assim, a forma como a informação é apresentada às pessoas com TEA pode influenciar no modo como elas irão interagir com ela (Eraslan et al., 2019; Pavlov, 2014; Yaneva et al., 2015).

Nos estudos que compuseram esta revisão, verificou-se que *sites* com *layout* e linguagens complexos, textos longos, com muitas transições entre os elementos da tela, podem se tornar desafiadores para qualquer sujeito, pois requerem um esforço cognitivo mais elevado em relação à realização de tarefas simples (Eraslan et al., 2019; Yaneva et al., 2018).

Estes dados corroboram a importância de garantir um *design* de forma explícita e simples, sem muitos elementos distratores, a fim de facilitar o entendimento das informações fornecidas (Dattolo et al., 2016; Britto & Pizzolato, 2018; Pavlov, 2014; Raymaker et al., 2020).

Testando empiricamente *sites* com diferentes níveis de complexidade em relação ao *layout*, Eraslan et al. (2019, 2020) constataram que pessoas com TEA apresentam mais dificuldade de realizar tarefas em *sites* com visual complexo. Isto porque tendem a se fixar em elementos irrelevantes quando realizam buscas na *web*. Esta fixação em elementos irrelevantes também foi percebida por Yaneva et al. (2018) e Rezae et al. (2020).

Outros aspectos relativos ao *design* da interface, como desafios na capacidade de resposta, ausência de subdivisão e previsibilidade de tarefas, utilização de ícones ambíguos ou incomuns, foram apontados como fatores que influem de forma negativa na interação de pessoas com TEA em interfaces digitais (Dattolo et al., 2016; Rezae et al., 2020).

Uma estratégia promissora tem sido a discussão acerca da garantia do *design* universal, por meio da personalização dos itens disponíveis nas plataformas digitais. Este foi um meio identificado em um dos estudos (Dattolo & Flaminia, 2017) como promissor para a operacionalização de diretrizes que atendam a um número maior de pessoas, independentemente de suas condições. Apesar dos desafios relacionados à garantia de uma personalização que ocorra com interface amigável para leigos na área computacional, é um passo importante para a garantia do *design* universal previsto na legislação nacional (Brasil, 2016). A partir da personalização, o usuário com deficiência ou transtorno torna-se protagonista das escolhas que realiza para acessar o conteúdo digital, por exemplo, a determinação de cores com alto contraste por pessoas com baixa visão pode não ser adequada para as necessidades de usuários com TEA com visão hipersensível (Raymaker et al., 2020), então a personalização da ferramenta garante que o usuário, enquanto protagonista, defina qual o melhor recurso para o uso da ferramenta digital.

É cediço que o autismo é considerado um espectro em virtude da diversidade existente entre as pessoas. Apesar da existência de um repertório comum à maioria dos indivíduos, este

não é suficiente para caracterizar as pessoas com TEA como um grupo homogêneo. Diferenças individuais no que diz respeito ao nível de desenvolvimento, habilidades, prejuízos orgânicos, fatores socioeconômicos, culturais, entre outras, podem ser encontradas entre as pessoas que se encontram no espectro (Windholz, 1995).

Assim, embora a elaboração de diretrizes que visem facilitar a interação de pessoas com TEA seja de grande valia, não é possível, pelo menos por ora, afirmar que elas sejam capazes de contemplar a interação de pessoas com diferentes níveis de TEA com recursos informatizados. Até mesmo porque faltam evidências empiricamente testadas para comprovar sua eficácia com crianças, adolescentes, idosos com TEA ou com outras comorbidades, uma vez que as pesquisas aqui apresentadas relatam apenas a experiência de uma amostra composta por parte da população com TEA leve, o que significa que não há déficit cognitivo e maior autonomia, em relação ao baixo uso de suportes.

O que se tem até o momento, pelo menos quanto a hipóteses, é que as diretrizes de acessibilidade voltadas para usuários com TEA têm possibilitado ofertar maior acessibilidade a eles, principalmente porque permitem a personalização e simplicidade das interfaces.

Estudos avaliando empiricamente essas diretrizes com usuários com TEA pertencentes a outros níveis podem trazer resultados diferentes dos encontrados. É necessário, ainda, pensar que contextos sociais e culturais também podem influenciar na forma com que o usuário interage com a interface, até mesmo porque os estudos experimentais foram conduzidos em países cuja tecnologia se apresenta em estágios bastante avançados.

Considerações finais

Esperou-se, com este estudo, traçar uma lista de itens validados empiricamente e sugeridos pela literatura como elementos potenciais para promover a acessibilidade digital para todas as pessoas, em especial para as pessoas com TEA. Atualmente, os princípios de *design* associados ao *design* de interação para os transtornos do neurodesenvolvimento ainda são generalistas e carecem de maiores testes com públicos diferenciados, como crianças e adolescentes.

Diretrizes de acessibilidade voltadas para usuários com TEA ainda se encontram em estágios iniciais de elaboração, apesar do número expressivo de aplicativos, *softwares* e *webpages* que se intitulam como destinados ao público com TEA, disponíveis nas lojas virtuais de aplicativos.

Outro fator a ser considerado é que as diretrizes de acessibilidade para pessoas com TEA elaboradas ainda carecem de evidências que comprovem a sua efetividade, sobretudo em relação ao número de testes realizados e ao perfil comportamental dos usuários, visto que a maioria delas ainda não foi testada empiricamente. Estudos buscando avaliar estas diretrizes são de grande valia para que se possam elaborar aplicativos, *sites* e *softwares* que realmente promovam a acessibilidade e a interação de forma independente por pessoas com TEA.

Pesquisas experimentais analisando as funcionalidades das diretrizes de acessibilidade para pessoas com TEA são necessárias diante da carência de estudos existentes na literatura. Além do mais, os poucos estudos empíricos experimentais existentes não podem ser generalizados para todos os níveis de acometimento do TEA, razão pela qual devem ser conduzidas outras pesquisas, a fim de fornecer mais evidências empíricas sobre a efetividade dessas diretrizes.

PRÊMULO AO CAPÍTULO 3: E AGORA?

No capítulo 2 constatou-se que, ao longo dos últimos anos, o mercado digital voltado às pessoas com autismo, seus terapeutas e familiares cresceu de maneira acentuada. A cada dia uma gama de novos aplicativos e *softwares* é disponibilizada para venda. Todavia, pouco se sabe a respeito da produção destes e se eles são ou não adequados ao público para o qual se direcionam. Isto porque, até há bem pouco tempo, discussões acerca da acessibilidade de produtos digitais para o público com autismo eram praticamente inexistentes – o que promoveu uma lacuna significativa na literatura.

Apesar dos estudos desenvolvidos ao longo das últimas duas décadas, a questão da acessibilidade ainda caminha a passos lentos, principalmente no Brasil, onde existem poucos estudos abordando a temática. Essa carência se mostra mais evidente quando se trata de estudos experimentais envolvendo o público infantil que se encontra no espectro.

A revisão integrativa da literatura desenvolvida no capítulo 2 trouxe as seguintes conclusões:

- ao longo das últimas décadas, a produção de *softwares* e aplicativos que se intitulam como destinados ao público com autismo cresceu consideravelmente;
- pesquisas empíricas envolvendo o processo de desenvolvimento desses produtos ainda são bastante escassas;
- discussões sobre acessibilidade de produtos digitais para pessoas com autismo encontram-se em fase inicial;
- grande parte dos *designers* gráficos desconhece as singularidades desse público;
- professores e terapeutas carecem de mais informações acerca de como utilizar e escolher os recursos que irão utilizar junto a seus estudantes e pacientes;
- é necessário conhecer o perfil comportamental de usuários com autismo quando da utilização de recursos digitais;
- existe uma carência de estudos empíricos avaliando as facilidades e desafios enfrentados por crianças com autismo quanto à utilização de *softwares*, aplicativos e páginas da *web*, principalmente aqueles voltados à aquisição de habilidade acadêmicas.

Tendo em vista todos estes questionamentos, foi desenvolvido um estudo empírico fazendo uso de rastreamento ocular cujo objetivo foi a analisar o comportamento ocular de

crianças com e sem autismo na realização de tarefas matemáticas de jogos educacionais digitais, cujos resultados serão apresentados no capítulo 3.

CAPÍTULO 3

O QUE ME DIZ SEU OLHAR?: UM ESTUDO DO RASTREAMENTO OCULAR DE CRIANÇAS COM E SEM AUTISMO EM JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS DE MATEMÁTICA⁸

O estudo apresentado neste capítulo teve como objetivo comparar o comportamento ocular de crianças com e sem autismo na realização de tarefas de adição simples (soma até 10) em jogos educacionais digitais (JEDs) disponibilizadas na *web*, a fim de verificar se existem diferenças entre elas ao olharem os elementos relevantes e irrelevantes das tarefas. Buscou-se responder ao seguinte questionamento: Ao realizar atividades de adição simples em JEDs de matemática, crianças com e sem autismo apresentam maior número de fixação ocular nos elementos gráficos da tarefa ou nos elementos secundários (irrelevantes)? Para atender ao objetivo proposto, foi realizada uma análise do rastreamento ocular de crianças com e sem autismo que participaram do estudo durante a realização de tarefas de adição simples em JEDs disponibilizados na *web*. Os dados obtidos por meio do rastreamento ocular geraram métricas relativas ao tempo e número de fixações dos participantes em cada uma das atividades – o que possibilitou analisar a quantidade de vezes e o tempo em que os participantes olharam para os elementos relevantes e irrelevantes da tarefa. Os resultados obtidos trouxeram indícios de que crianças com e sem autismo com idade e repertório de entrada matemático semelhantes, quando expostas às mesmas condições de ensino, não apresentam diferenças significativas de desempenho em JEDs. Interfaces gráficas do usuário com baixa acessibilidade interferem no tempo de execução das tarefas para crianças com e sem autismo, uma vez que fazem com que elas passem mais tempo olhando para os elementos irrelevantes da tarefa. Para que os JEDs possam ser eficazes, é necessário que sejam dotados de interfaces amigáveis.

Interface Gráfica do Usuário: importância e relação com a usabilidade

A literatura tem trazido evidências da eficácia de JEDs para a aquisição de habilidades acadêmicas matemáticas por crianças com autismo (Farias et al., 2014; Guimarães, 2018; Souza, 2019). Todavia, o processo de escolha de JEDs deve ser precedido de uma avaliação de acessibilidade dos mesmos, principalmente no que diz respeito à interface gráfica do usuário

⁸ Este capítulo compõe-se de um estudo completo, escrito em forma de artigo submetido para publicação.

(IGU). Isto porque a IGU utilizada pode promover facilidades ou barreiras de usabilidade (Britto & Pizzolato, 2018). Daí a necessidade de se compreender no que consiste a IGU e como esta pode promover facilidades ou dificuldades na execução de JEDs.

Basta um clique no *mouse* ou um deslizar do dedo na tela e pronto: a comunicação entre humano e máquina tem início. O que torna possível esta comunicação é a interface gráfica, definida pelo *Dicionário de Informática e Internet*, de Sawaya (1999, p. 204), como:

Um tipo de configuração de imagens de vídeo que permite ao usuário selecionar comandos, acionar programas e ver listas de arquivos ou opções, apontando para representações figurativas (ícones) e listas de itens de menus na tela, é que torna possível esta comunicação.

Todavia, nem sempre essa comunicação foi tão fácil assim. Os primeiros computadores foram desenvolvidos por e para engenheiros, sendo que toda comunicação estabelecida entre homem e máquina se dava por uma interface gráfica pautada em infundáveis linhas de comando (Preece et al., 2005). Com a popularização dos computadores pessoais, tornou-se necessária a elaboração de interfaces mais simples que visassem o usuário, na maioria das vezes sem conhecimento nenhum de programação. A IGU surgiu na década de 1970, quando os pesquisadores do *Xerox PARC* buscavam desenvolver uma tela de *desktop* como metáfora de uma escrivaninha. Esta consistia na utilização de “janelas” sobrepostas que permitiam que as ordens para sua ação fossem dadas pelo usuário⁹ (Johnson, 2001).

Nos anos seguintes, a mesma equipe buscou novas formas de realizar esta comunicação entre homem e máquina, fazendo uso de elementos que imitavam a realidade, o que tornou a experiência do usuário mais intuitiva. Esse tipo de interface foi utilizado pela primeira vez no computador da *Apple* denominado *Lisa*, trazendo os elementos que atualmente conhecemos: menus, ícones, lixeiras, pastas, etc. (Johnson, 2001).

Por meio da IGU, o usuário é capaz de manipular os dados de um determinado sistema, promovendo nele modificações (Johnson, 2001). Trata-se de “uma superfície de contato que reflete as propriedades físicas das partes que interagem, as funções a serem executadas e o balanço entre poder e controle” (Baranauskas & Rocha, 2000, p. 8). Em suma, a IGU é responsável por estabelecer a comunicação entre o sistema informático e o seu usuário, ligando-os por meio de transmissão de informações e permitindo acesso às funcionalidades disponibilizadas pelo sistema (Filatro, 2008; Lévy, 1993; Preece et al., 2005).

⁹ Usuário é entendido aqui como aquele que utiliza o serviço de computação ou telecomunicação, manipula o *software* e faz com que sua ação corresponda a uma resposta direta do computador (Sawaya, 1999).

A IGU pode influenciar a maneira com que o usuário compreende visualmente, acessa e interage¹⁰ com o conteúdo apresentado, contribuindo tanto para o bom desenvolvimento das atividades ofertadas pelo sistema quanto para o contrário. Por isso, deve ser planejada de forma estratégica, visando auxiliar no entendimento das informações ali constantes (Lévy, 1993; Preece et al., 2005).

Levando em consideração o crescente uso de JEDs enquanto recursos pedagógicos, compreender os elementos da IGU e adotar interfaces amigáveis¹¹ é importante para assegurar a eficácia dos mesmos (Filatro, 2008). Isto porque a qualidade da IGU, em materiais voltados para o planejamento de condições de ensino, interfere não apenas na usabilidade do recurso, mas também no engajamento, na experiência que o estudante terá ao manipulá-lo e, ainda, na compreensão e assimilação do conteúdo (Peters, 2013). Assim, a escolha de um jogo educacional digital (JED) deve ser precedida de uma avaliação minuciosa da IGU, a fim de verificar se ela é adequada ou não para o público que se pretende atingir. Saber como o estudante compreende visualmente e manipula os elementos da IGU é relevante neste processo (Filatro, 2008).

A IGU representa um importante elemento na interação humano-computador (IHC), podendo ser um preditor de sucesso ou insucesso para um determinado *software* ou aplicativo (Pavlov, 2014). Uma boa IGU possibilita uma melhor manipulação do sistema pelo usuário, permitindo que este realize as tarefas solicitadas de forma natural e intuitiva (Cybis et al., 2010).

Interfaces simples, intuitivas e fáceis de usar dão maior confiança e satisfação ao usuário, quando do desenvolvimento das atividades constantes dos recursos digitais. Isto porque possibilitam atingir os objetivos propostos com menos esforço, menos erros e dentro de um espaço de tempo menor (Cybis et al., 2010).

No campo educacional, a interface influencia diretamente no engajamento do estudante durante o desenvolvimento de determinada tarefa, em sua atenção e por quanto tempo e de que forma consegue manter a utilização do recurso. Mudanças, ainda que pequenas, na interface podem interferir na experiência do usuário, tornando o recurso eficaz ou não (Peters, 2013). Por isso, interfaces destinadas à aprendizagem devem ser centradas no aprendiz e possibilitar que

¹⁰ Interagir neste estudo deve ser compreendido como toda ação que permita a intervenção ou possibilidade de intervenção de um usuário no decurso do funcionamento de um programa ou sistema informático. Por exemplo, iniciar um jogo ao pousar o cursor do *mouse* e clicar no comando ‘iniciar’ descrito na tela dele.

¹¹ As interfaces são consideradas como amigáveis quando possibilitam que as trocas estabelecidas entre os usuários e o sistema ocorram de forma fácil, contendo elementos visuais disponibilizados de maneira usual e harmônica, contribuindo para que a interação ocorra de modo simples e fácil (Baranauskas & Rocha, 2000).

seu uso se dê de forma acessível por diferentes tipos de usuários e sem impor qualquer obstáculo (Peters, 2013).

A disponibilização dos elementos gráficos na IGU pode conduzir a atenção visual do usuário a um determinado aspecto do conteúdo disponibilizado. Por esta razão, deve ser planejada cuidadosamente, visando facilitar o entendimento e clareza das informações, em especial quando se trata de recursos voltados a condições de ensino (Preece et al., 2005). Apesar de sua importância, estudos sobre a acessibilidade da IGU e a influência de seus elementos no engajamento e processo atencional de pessoas com autismo ainda são escassos, principalmente no que diz respeito a JEDs (Andrade et al., 2021).

Andrade et al. (2021) realizaram uma revisão bibliográfica sistemática, visando analisar estudos que abordavam a relação interdigital entre as crianças com autismo e as interfaces gráficas de JEDs. Os autores efetuaram a busca junto às bases de dados *Scopus*, EBSCO, PubMed e *Web of Science*, abrangendo trabalhos tanto em inglês quanto em português, entre os anos de 2015 e 2021. Foram identificados apenas três estudos abordando a temática pesquisada, sendo dois desenvolvidos na Malásia nos anos de 2016 e 2019 e um no Canadá no ano de 2020. Com base nos resultados, os autores concluíram que estudos visando estabelecer relações entre interface gráfica e aprendizagem de crianças com autismo se encontram em fase inicial, havendo uma lacuna considerável na literatura. De acordo com os autores, é necessário o desenvolvimento de novos estudos que abordem de maneira mais aprofundada a relação entre a IGU e a aprendizagem de crianças com autismo.

Grynszpan et al. (2008), por sua vez, conduziram um estudo longitudinal junto a crianças com e sem autismo, visando avaliar o impacto de interfaces multimídia que incluíam texto, fala e imagens na aprendizagem delas. Participaram do estudo 10 meninos diagnosticados com autismo de alto funcionamento, com idade média de doze anos, e 10 crianças (oito meninos e duas meninas) sem autismo, com idade média de nove anos e sete meses. Ambos os grupos apresentavam as mesmas características quanto à idade de desenvolvimento e nível acadêmico. Os sujeitos participaram da testagem de um *software* de treinamento direcionado a distúrbios de comunicação com diferentes tipos de interfaces. Sendo elas mais ricas e mais pobres com relação à presença de elementos gráficos, imagens, textos e sons. Os participantes com autismo tiveram menor desempenho (não conseguiram fazer uso da expressão facial que correspondia à resposta correta ou não conseguiram observar a presença das expressões faciais que responderiam à questão) em interfaces de multimídia mais ricas, em comparação com participantes sem autismo, apresentando alterações no engajamento e atenção. Sendo que a aprendizagem ocorreu quando a interface do jogo era simples.

Eraslan et al. (2019) investigaram as semelhanças e diferenças apresentadas por pessoas com e sem autismo na busca de informações em páginas da *web*. O estudo foi conduzido utilizando a metodologia de rastreamento ocular. A amostra foi composta de 18 participantes com autismo de alto funcionamento e 18 participantes sem autismo. Foram apresentadas a cada participante, de forma randomizada, seis páginas da *web* com níveis de complexidade variados, e solicitado que executassem tarefas específicas em cada uma delas, no lapso temporal de trinta segundos. Também foram distribuídos questionários solicitando que os participantes opinassem sobre o nível de dificuldade encontrado ao realizar as tarefas propostas e, também, descrevessem sua familiaridade com as páginas apresentadas. Os resultados sugeriram que pessoas com autismo tendem a ter menos sucesso em completar tarefas de busca em um curto espaço temporal e, também, a olhar mais para elementos irrelevantes em páginas da *web* e fazer mais transições entre os elementos, em comparação com pessoas sem autismo. Além disso, elas tendem a fazer fixações mais curtas, porém mais frequentes, em elementos que não estão diretamente relacionados a uma determinada tarefa de busca.

Uitdenbogerd et al. (2022) conduziram um estudo junto a 12 pessoas com autismo e 26 pessoas sem autismo, buscando analisar o impacto de elementos animados (irrelevantes) presentes na IGU em páginas de pesquisa da *web*. Os participantes foram solicitados a realizar um conjunto de seis tarefas na presença ou ausência de animações na tela. Cada uma das condições de animação consistia em um logotipo universitário rotativo – o tamanho e a velocidade rotacional variavam em cada tarefa. O experimento foi conduzido *on-line*, através do compartilhamento de tela via *Skype*. Os participantes também responderam a dois questionários envolvendo temáticas relacionadas à tarefa realizada: um aplicado após a execução de uma determinada tarefa e outro após a conclusão de todas as tarefas. Além dos dados coletados por meio do aplicativo da *web* e de formulários de pesquisa digital, uma reunião *on-line* foi gravada na tela para análise posterior. Os resultados do experimento revelaram pouca diferença no tempo gasto ou no sucesso da tarefa de consulta pelos dois grupos. Todavia, as estratégias utilizadas pelos participantes foram diferenciadas, sendo que mais participantes dos dois grupos utilizaram a ferramenta de colagem quando da presença de animações. Os participantes com autismo também relataram que a tarefa era mais difícil e irritante quando a animação estava presente, o que não foi relatado pelos participantes sem autismo. Os autores concluíram que, mesmo para tarefas curtas, como formular uma consulta de pesquisa, seria benéfico evitar a presença de elementos irrelevantes em interfaces *web*.

Alzahrani et al. (2022) analisaram o impacto de animações da IGU em indivíduos adultos com e sem autismo durante a realização de diferentes tipos de tarefas na *web* (enviar e-

mail, montar quebra-cabeça, escolher um prato no menu, ler e responder a perguntas relativas ao parágrafo selecionado de um texto, realizar uma consulta em *site* de pesquisa). O estudo foi *on-line*, a partir da gravação de tela e respostas de questionários que buscaram avaliar a duração da tarefa, taxa de conclusão, número de erros e carga de trabalho percebida. Cada sessão consistia na realização das seis tarefas apresentadas em condições particulares de animação e em responder a um questionário *on-line* relacionado à execução da tarefa. Os resultados obtidos no estudo sugeriram que a presença de animações na IGU afetou significativamente o desempenho de participantes com e sem autismo na realização de tarefas na *web*. Revelaram, ainda, que pessoas com autismo se distraem em maior medida, gerando maior frustração e esforço mental para realização da tarefa quando da presença de elementos distratores, como animações, em comparação com pessoas sem autismo.

Deering (2013), fazendo uso de rastreamento ocular e perguntas de pesquisa, analisou a existência de diferenças no processamento cognitivo de *sites* por usuários com e sem autismo. Participaram do estudo adultos com e sem autismo, na faixa etária variando entre 18 e 24 anos, sendo estudantes de graduação ou pós-graduação. De um total de 152 participantes que completaram a fase inicial da pesquisa, 144 foram eleitos para compor o grupo-controle e 7 para o grupo clínico. Para a fase laboratorial com o estudo de rastreamento ocular, participaram apenas 10 (escolhidos aleatoriamente) participantes do grupo-controle e 6 do grupo clínico, tendo um sido excluído em virtude de não conseguir obter a calibração do olhar. Foi solicitado aos participantes que analisassem o propósito, a autoria, a publicidade e a navegação de oito *sites* populares na *web*. Os *sites* e as questões foram apresentadas de forma randomizada para cada participante, que participou de sessão individual. Em um segundo momento, foi solicitado aos participantes que encontrassem informações específicas nos *sites*. A última parte do estudo foi composta de uma entrevista aberta com os participantes, acerca da pesquisa realizada. Os resultados não revelaram a existência de diferenças de processamento por ambos os grupos, trazendo evidências de que indivíduos com ou sem autismo podem enfrentar as mesmas facilidades e barreiras ao avaliar o conteúdo de *sites* da internet.

Considerando que os estudos de Grynszpan et al. (2008), Eraslan et al. (2019) e Uitdenbogerd et al. (2022) revelaram diferenças de desempenho entre pessoas com e sem autismo em atividades envolvendo diferentes tipos de interface, e os de Alzahrani et al. (2022) e Deering (2013) não apresentaram estas diferenças; e, ainda, os efeitos de estímulos distratores e secundários às tarefas, questiona-se sobre o impacto da usabilidade e da interface amigável que garantem a acessibilidade a um público infantil com autismo. Assim sendo, o capítulo 3 tem como objetivo comparar o comportamento ocular de crianças com e sem autismo na

realização de tarefas de adição simples em JEDs disponibilizadas na *web*, a fim de verificar se existem diferenças entre as elas ao olharem os elementos relevantes e irrelevantes das tarefas.

Método

Participantes

Foram selecionadas quatro crianças com autismo de nível leve a moderado e quatro crianças com desenvolvimento típico. A idade dos participantes era de sete, oito e nove anos. Todos os participantes tinham acuidade visual normal e não necessitavam de uso de qualquer tipo de órtese. A seleção dos participantes sem TEA se deu junto a familiares e grupo de amigos da pesquisadora, em virtude da coleta de dados com os mesmos ter ocorrido em período de férias escolares. Com relação aos participantes com TEA, foram selecionados aqueles que possuíam diagnóstico fechado¹² e frequentavam as salas de Atendimento Educacional Especializado (AEE) da instituição em que a pesquisadora trabalha – APAE de Poços de Caldas.

Ainda com relação aos estudantes com TEA, necessário se faz destacar, que estes foram diagnosticados precocemente logo nos primeiros anos de vida e, desde de então, receberam atendimento multidisciplinar da equipe da instituição contando com intervenção terapêutica individualizada e de acordo com suas necessidades.

A fim de assegurar que os participantes tivessem o mesmo repertório de entrada na área da matemática, além da idade cronológica e escolarização, foi aplicado o Protocolo de Registro e Avaliação das Habilidades Matemáticas (PRAHM) (Costa et al., 2017). Trata-se de um instrumento que possibilita avaliar o repertório das habilidades matemáticas. Ele é composto de 34 atividades relacionadas as habilidades matemáticas distribuídas da seguinte forma:

- Questões 1, 2, 3, 4, 8, 9, e 10 avaliam as habilidades de contagem;
- Questões 5, 6 e 7 avaliam a produção de sequência;
- Questões de 11 a 31 avaliam habilidade pré-aritméticas (maior/ menor/igual e mais/ menos), divididas da seguinte forma: 11 a 13 fazem uso de objetos tridimensionais; 14 a 16 fazem uso de objetos bidimensionais; 20 a 22 usam objetos unidimensionais; 17 a 19 usam conjuntos de objetos tridimensionais e 23,24,25,29,30 e 31 usam conjuntos de objetos bidimensionais;
- As questões de 26 a 28 avaliam a capacidade de resolver problemas orais;
- Aas questões de 32 a 34 é avaliam a capacidade de reconhecer figuras geométricas.

¹² Informação obtida junto ao prontuário clínico do participante, disponibilizado pela instituição para consulta.

O avaliado deve responder cada pergunta em 20 segundos após sua execução, caso responda fora desse tempo a pergunta é considerada incorreta (Costa et al., 2017).

A Tabela 2 apresenta as características dos participantes: idade, gênero, escolaridade e pontuação obtida no PRHAM.

Tabela 2

Descrição dos participantes

Participantes sem TEA					Participantes com TEA				
Participante	Idade	Gênero	Escolaridade	Pontuação PRHAM	Participante	Idade	Gênero	Escolaridade	Pontuação PRHAM
C1	8	F	3º ano Ens. Fund.	34 pts	C5	8	M	3º ano Ens. Fund.	34 pts
C2	7	M	2º ano Ens. Fund.	32 pts	C6	8	M	3º ano Ens. Fund.	31 pts
C3	8	F	3º ano Ens. Fund.	33 pts	C7	7	M	2º ano Ens. Fund.	30 pts
C4	9	M	4º ano Ens. Fund.	30 pts	C8	9	M	3º ano Ens. Fund.	32 pts

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSCar - CAAE nº 59103522.3.0000.5504. A condução da pesquisa foi realizada com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) pelos pais/responsáveis dos participantes, e concordância do próprio participante por meio da assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice B).

Ambiente experimental

A coleta de dados dos estudantes com autismo se deu no laboratório de informática da instituição onde a pesquisadora trabalha e que os participantes frequentam no contraturno da escola regular. Trata-se de um ambiente escolar no qual ocorrem as aulas de informática e que fora transformado em ambiente experimental para assegurar os procedimentos de realização da pesquisa, sendo preparado para evitar interferências externas e qualquer fator que pudesse gerar distração ou influenciar na coleta dos dados. O espaço conta com 10 computadores *desktop* disponibilizados em mesas dispostas em “L”, 10 cadeiras, acesso à internet, lousa digital, projetor e um armário, iluminação e ventilação artificiais. Tendo em vista que os computadores *desktop* não possuíam *webcam*, e sendo este equipamento fundamental para a coleta de dados, a pesquisadora optou por fazer uso de seu *laptop* pessoal. Quanto aos participantes sem autismo, a coleta se deu no escritório da pesquisadora, localizado no centro da cidade, que, assim como o laboratório de informática foi preparado para servir de ambiente experimental da pesquisa. Trata-se de uma sala que conta com uma mesa, duas poltronas, uma cadeira, uma impressora, um armário, um *laptop* com acesso à internet, iluminação e ventilação artificiais. Para a coleta

dos dados, foi utilizado o mesmo equipamento, a fim de assegurar as mesmas condições técnicas para esse procedimento. Ambos os ambientes são livres da presença de elementos distratores (sons externos, presença de brinquedos ou qualquer outro objeto capaz de desviar a atenção dos participantes). Para a realização das tarefas, os participantes fizeram uso de *mouse* conectado ao *laptop* por meio de porta USB (*Universal Serial Bus*).

Jogos

Foram utilizados dois JEDs contendo tarefas de adição simples (adição até 10), selecionados do *site* Cozinhos¹³. A escolha por atividades contidas nessa página da *web* se deu em virtude da disponibilização gratuita, fácil acesso aos professores e por ter conteúdo que contemple o repertório de entrada matemático dos participantes. Para a seleção das tarefas, foram utilizados como critérios de inclusão: a) estar de acordo com o repertório matemático dos participantes, previamente avaliado a partir do instrumento PRAHM; b) ser inédita aos participantes e c) atender aos critérios de acessibilidade e baixa acessibilidade.

A fim de evitar qualquer tipo de viés que pudesse prejudicar a eficácia e validade dos dados coletados, a pesquisadora assegurou-se de que os JEDs eram inéditos aos participantes. Para tanto, realizou os seguintes procedimentos: apresentou, previamente, os estímulos aos pais e professores e, também, questionou junto aos participantes, quando do início da sessão, se eles conheciam ou já haviam tido algum contato prévio com os jogos (estímulos). Sendo assegurado, portanto, que era a primeira vez que os participantes tinham contato com os estímulos, os mesmos foram selecionados para compor o estudo.

A avaliação da acessibilidade das tarefas contidas nos JEDs foi realizada por juízes com experiência acadêmica ou profissional em informática educativa e pessoas com TEA. A Tabela 3 apresenta a descrição dos juízes. A média de idade do grupo foi de 39,8 anos de idade e o tempo médio de experiência de 18,6 anos, seja estudando ou trabalhando diretamente com informática e educação especial.

¹³ Trata-se de um *site* gratuito que disponibiliza jogos educativos *on-line* para crianças, adolescentes e adultos em idade escolar, sendo estes jogos divididos em categorias e disciplinas de acordo com o nível de escolarização do usuário. Todas as atividades são interativas e podem ser utilizadas em sala de aula ou em casa para introduzir, reforçar ou motivar o processo de aprendizagem.

Tabela 3*Descrição dos juízes*

	Formação	Atuação
Juiz		
J1	Graduação em Pedagogia. Mestrado em Educação. Doutoranda em Psicologia.	Docente de Informática Educativa na Educação Especial. Pesquisadora.
J2	Graduação em Pedagogia. Especialista em Psicopedagoga e Educação Especial.	Supervisora escolar na Educação Especial.
J3	Graduação em Administração.	Instrutor de Informática Educativa voltada para pessoas com deficiência intelectual e/ou múltipla e TEA em uma Escola de Educação Especial. Desenvolvedor de <i>sites</i> .
J4	Graduação em Pedagogia. Especialista em Neuropsicologia. Especialista em Informática Educativa e Educação Especial.	Docente de Informática na Educação Especial. Docente na Educação Infantil. Pesquisadora.
J5	Graduação em Ciências da Computação.	Graduando em Ciências da Computação. Pesquisador.

Todos os juízes receberam: a) o *link* de acesso às tarefas a serem avaliadas, bem como uma cópia do projeto; b) uma ficha de avaliação contendo as diretrizes GAIA; c) um vídeo de orientações. As fichas de avaliação foram formuladas no formato de *checklist* (Apêndice C), sendo indicadas a diretriz de acessibilidade e as orientações da mesma, devendo o juiz indicar se a tarefa cumpria a diretriz, não cumpria, cumpria parcialmente ou se a diretriz não se aplicava à atividade em si.

Os juízes foram solicitados a avaliar cada uma das 28 diretrizes do GAIA dispostas em dez grupos relativos a diferentes elementos da interface. Para calcular a concordância entre os juízes, foi utilizado o método porcentagem de concordância absoluta (*percentage of absolute agreement*), que consiste unicamente em calcular o número de vezes em que os avaliadores concordam e dividir pelo número total de avaliações (variando entre 0 e 100%) (Matos, 2014; Stemler, 2004). O Apêndice D apresenta a avaliação e o percentual de concordância entre os juízes do “Jogo A”, enquanto o Apêndice E apresenta a avaliação e o índice de concordância entre os juízes do “Jogo B”.

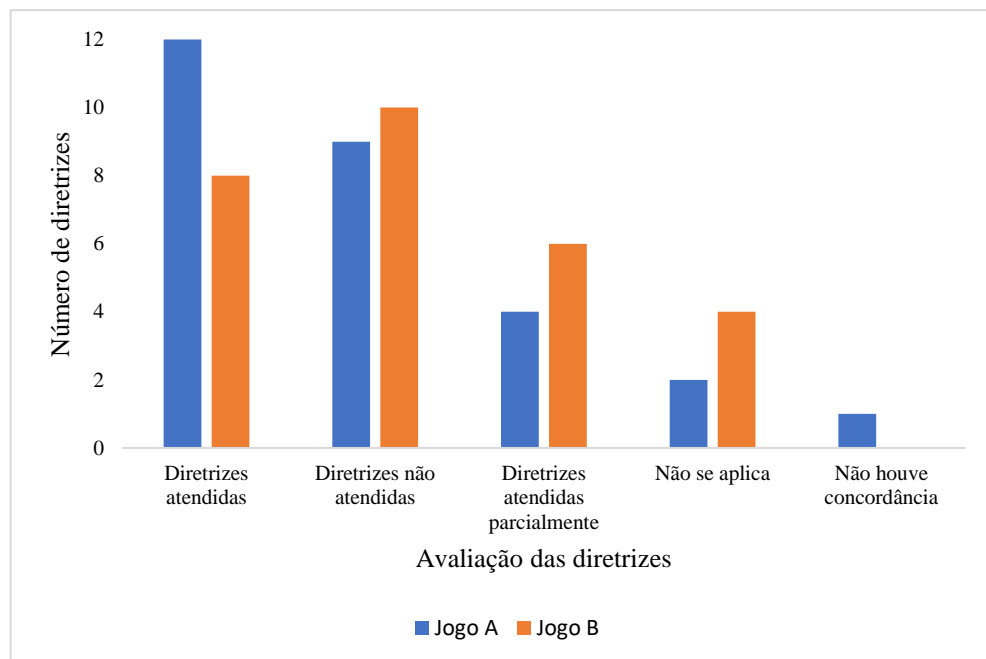
Com base na avaliação dos juízes, foi estabelecido o nível de acessibilidade dos JEDs utilizados no estudo. Considerou-se mais acessível aquele que atendesse ao maior número de recomendações e menos acessível o que atendesse ao menor número de recomendações. Para definir em qual categoria de avaliação (diretrizes atendidas, diretrizes não atendidas, diretrizes atendidas parcialmente e não se aplica) a diretriz se enquadrava, consideramos como válida

aquela que obtivesse concordância mínima de 75% de respostas. Para respostas com índice de concordância menor, considerou-se que não houve concordância entre os juízes e a diretriz não foi enquadrada em nenhuma das categorias de avaliação. O valor de 75% é considerado o mínimo de concordância aceitável, já valores a partir de 90% são considerados altos (Stemler, 2004).

Os resultados obtidos demonstram que o JED 1, denominado “Jogo A”, foi considerado mais acessível, enquanto o JED 2, denominado “Jogo B”, menos acessível. A Figura 4 apresenta o resultado geral alcançado por cada uma das tarefas após a análise de acessibilidade efetuada pelos juízes.

Figura 4

Avaliação de acessibilidade das atividades



Ambas as tarefas tinham como objetivo a realização pelo participante de operações de adição simples (adição até 10 com um dígito). Todavia, a IGU em cada uma delas se diferenciava com relação à presença de elementos gráficos relevantes (necessários para a execução da tarefa) e elementos gráficos irrelevantes (considerados como distratores para a execução da tarefa) A Figura 5 apresenta, na cor verde, os elementos relevantes e, na cor vermelha, os irrelevantes para cada tarefa. A execução das atividades contendo o estímulo 1 foi designada como tarefa 1, e envolvendo o estímulo 2, tarefa 2.

Figura 5

Elementos relevantes e irrelevantes das tarefas 1 e 2

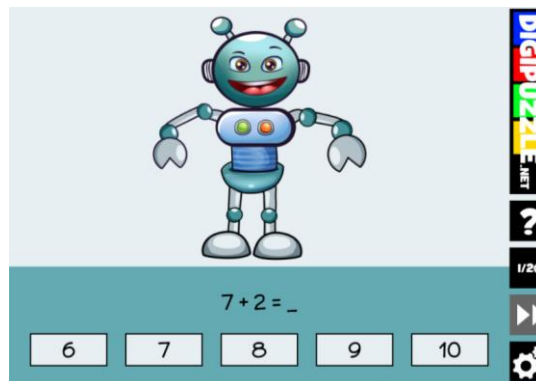


Extraído *print* do site <https://www.coquinhos.com>

Para realizar a tarefa 1, “Jogo A” (Figura 6), o participante deveria: 1) olhar a operação matemática disposta no centro da tela (as operações apareciam de forma randomizadas para cada participante – Apêndice G) e apontar com o dedo qual estímulo estava sendo apresentado; 2) realizar o cálculo mental; 3) olhar e tocar os numerais dispostos abaixo da operação; 4) seleccionar, por meio do clique no *mouse*, o numeral correspondente ao resultado da operação realizada.

Figura 6

Tela da tarefa 1 – Jogo A



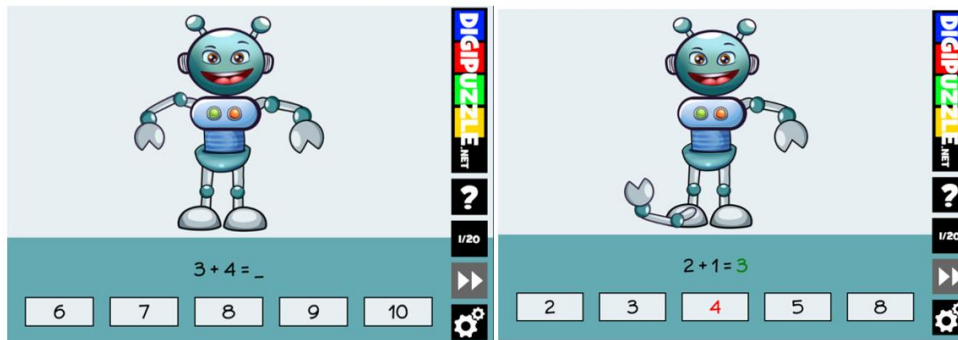
Extraído *print* do site <https://www.coquinhos.com>

Caso o participante seleccionasse o estímulo de comparação que correspondia corretamente ao estímulo modelo apresentado, tinha como consequência imediata a emissão de um som festivo e uma nova operação era disponibilizada na tela. Se a resposta estivesse incorreta, a consequência imediata era a queda de uma parte do corpo do robô (ex.: braço direito), seguida da emissão de um ruído característico de “quebra de objeto”. Cumpre destacar que esta animação poderia influenciar a forma com que a criança interagia com o jogo, uma vez que, se considerasse a animação interessante, poderia errar propositalmente, para que parte do

robô caísse, levando a um resultado distorcido de sua capacidade de realizar a atividade. A resposta correta era apresentada na tela logo após o sinal de “=” e a resposta incorreta apresentada pelo participante era grifada em vermelho na linha de respostas (Figura 7).

Figura 7

Consequências da resposta apresentada pelo participante na tarefa 1 – Jogo A



Extraído *print* do site <https://www.coquinhos.com>

No total, foi apresentado um bloco de 20 tentativas para cada participante. Uma tentativa é descrita como uma operação de adição de dois dígitos simples até 10 ($1+3=$) e, para cada tentativa, havia 5 estímulos de comparação¹⁴ (ex.: 1, 4, 5, 7, 8), dos quais apenas um correspondia à solução correta para a operação apresentada no estímulo modelo. Essas tentativas eram randomizadas tanto para o estímulo modelo, quanto para o estímulo de comparação. O tempo total concedido a cada participante para a realização da tarefa foi de 10 minutos¹⁵.

Na tarefa 2, “Jogo B” (Figura 8), o participante deveria: 1) olhar a operação matemática disposta no centro da tela e apontar com o dedo qual estímulo estava sendo apresentado; 2) realizar o cálculo mental; 3) olhar e tocar os numerais dispostos à esquerda das operações; 4) selecionar, por meio do clique no *mouse*, aquele que correspondia ao resultado da operação realizada.

¹⁴ Trata-se de uma condição do próprio jogo e impossível de personalização pela pesquisadora.

¹⁵ Este tempo foi escolhido pela pesquisadora após uma simulação prévia da atividade e, também, para se assegurar um tempo de execução que possibilitasse o controle do experimento.

Figura 8*Tela da tarefa 2 – Jogo B*

Extraído *print* do site <https://www.coquinhos.com>

Caso o participante selecionasse o estímulo de comparação que respondia corretamente ao estímulo modelo apresentado, tinha, como consequência imediata, a disponibilização de uma ração. Esta percorria todo o tubo até chegar à vasilha posicionada abaixo do cachorro, e, ao mesmo tempo, um sinal visual de acerto, na cor verde, surgia ao lado do estímulo de comparação selecionado pelo participante. Se a resposta estivesse incorreta, a consequência imediata era a permanência da operação na tela até que o participante selecionasse o estímulo de comparação considerado como resposta correta (Figura 9).

Figura 9*Consequências da resposta apresentada pelo participante na tarefa 2 – Jogo B*

Extraído *print* do site <https://www.coquinhos.com>

No total, foram apresentados nove estímulos modelos para cada participante. O número de tentativas permitidas para cada estímulo diminuía gradativamente¹⁶, sendo que o número de limite de tentativas para realização de cada operação diminuía gradativamente (Figura 10). O tempo total concedido a cada participante, para a realização da atividade, foi de 10 minutos.

Figura 10

Condição de ensino apresentada na Tarefa 2

– Jogo B

Estímulo modelo	Quantidade de tentativas
1+1	9
1+2	8
1+3	7
1+4	6
1+5	5
1+6	4
1+7	3
1+8	2
1+9	1

Em ambas as tarefas, atingido o tempo máximo de execução, independentemente da finalização da mesma pelo participante ou não, a atividade se encerrava, fechando a tela do jogo. Surgia uma nova tela, que oportunizava salvar os dados do rastreamento ocular, os quais eram registrados nas plataforma *RealEye*, por meio de vídeo, e também em arquivo “csv”, para posterior análise e tratamento. Com o tratamento dos arquivos “csv” e os vídeos, foi possível alinhar o conjunto de dados. Cumpre destacar que, se houvesse movimento de cabeça que prejudicasse os dados, o programa paralisava a gravação e solicitava o retorno à fase inicial de calibração.

Equipamento

Para a coleta de dados, foi utilizado um *laptop* com processador *Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz 1.99 GHz*, com *web cam full hd* integrada e sistema operacional *Windows 11 Home Single Language*, como *hardware* de rastreamento ocular, e a plataforma *on-line RealEye.io*, para gerenciar o experimento e adquirir dados de comportamento do olhar.

O *RealEye.io* é uma ferramenta *on-line* de rastreamento ocular que utiliza um *laptop* comum para executar uma rede neural – AI que analisa as imagens capturadas pela *webcam*. A

¹⁶ Trata-se de uma condição trazida pelo próprio JED e não uma programação efetuada pela pesquisadora.

AI detecta o rosto e as pupilas do participante e prevê um ponto de olhar, tudo em tempo real. Os dados obtidos são armazenados na própria plataforma, em formato “csv”, e permitem a elaboração de gráficos, mapas de calor, fixações e vídeos. Esta tecnologia tem sido utilizada como uma alternativa para estudos envolvendo rastreamento ocular em diferentes áreas do conhecimento, por apresentar menores custos do que os equipamentos infravermelhos tradicionais e pela eficácia na coleta e produção de dados em tempo real (Federico & Brandimonte, 2019; Federico et al., 2021).

Para garantir a acurácia dos resultados, foram seguidas as recomendações do desenvolvedor: a) manter o *laptop* sobre uma mesa fixa, assegurando que não houvesse movimentações do equipamento; b) posicionar os participantes a uma distância de 50 a 60 centímetros da *webcam*; c) assegurar que o rosto do participante estivesse bem iluminado e visível na *webcam*. Foram selecionados participantes que não faziam uso de óculos, para evitar limitação na visibilidade do mesmo pela *webcam*. Também foi solicitado aos participantes que não realizassem movimentos bruscos com a cabeça, tentando mantê-la o mais imóvel possível, para que não houvesse intercorrências durante a realização da atividade.

Foram observadas, ainda, as recomendações referentes aos requisitos de *software* e *hardware* solicitados pelo desenvolvedor¹⁷. Com estes cuidados, de acordo com o desenvolvedor, a precisão média chega a 100 px.

Ainda com o intuito de verificar a eficácia do equipamento, antes de realizar a gravação dos movimentos oculares dos participantes, a pesquisadora procedeu a realização da gravação de seus próprios movimentos oculares ao realizar as atividades propostas e analisou os resultados para verificar se os mesmos representavam os movimentos por ela realmente realizados.

Procedimentos

Após a seleção, os participantes foram recepcionados pela pesquisadora e conduzidos ao ambiente experimental. No total, cada participante realizou cinco sessões de 20 minutos

¹⁷ Navegador Google Chrome ou Microsoft Edge atualizado. O Firefox NÃO é recomendado. Windows 10 ou macOS X atualizado. Processador Intel de 4 núcleos, 3 GHz ou mais rápido, 5ª geração ou superior. Se estiver usando um laptop, ele deve ser conectado ao cabo de alimentação. 8 GB de RAM com pelo menos 4 GB de memória disponível (não utilizada). Placa gráfica DirectX 12 com drivers atualizados. Intel Graphics integrado (gen. 5 ou posterior). Velocidade de ligação à Internet 20 Mbps, 5 Mbps (especialmente para testes de sites ao vivo, pode ser menor para testes de imagem/vídeo).

cada, sendo as três primeiras preparatórias para a coleta de dados com uso do rastreador ocular, e nas duas últimas foram realizados os experimentos de captura do movimento ocular. As sessões se deram de forma individualizada.

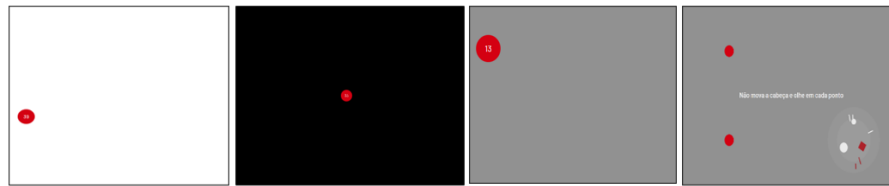
Na primeira sessão, a pesquisadora forneceu informações básicas aos participantes, explicando seus objetivos e a forma como seria realizado o experimento, colheu a assinatura dos mesmos no TALE e buscou estabelecer laços de confiança. Na segunda sessão, a fim de avaliar a capacidade dos participantes em compreender ordens simples e manipular o *mouse*, bem como olhar e interagir com a IGU do JED, os mesmos realizaram tarefas de memorização (jogo da memória) e pareamento. Na terceira sessão, a pesquisadora aplicou o instrumento PRAHM, a fim de avaliar o repertório de entrada matemático dos participantes. Na quarta e quinta sessões, foram realizados os experimentos de rastreamento ocular.

As sessões relativas ao rastreamento ocular tiveram 30 minutos de duração, abrangendo a calibração do equipamento, orientações gerais e a realização da atividade.

Para captura dos movimentos oculares, os participantes foram posicionados pela pesquisadora em uma cadeira postada à frente da mesa em que se encontrava o *laptop*, a uma distância de 60 cm, com iluminação artificial superior e frontal, de modo a assegurar a iluminação completa de suas faces, visando uma melhor captura dos dados. Após o posicionamento, a pesquisadora explicou para o participante os procedimentos necessários e deu início à calibração do equipamento.

Tendo em vista que o processo de calibração era bastante extenso – uma vez que os participantes deveriam, primeiramente, arrastar o cursor do *mouse* sobre um ponto vermelho que aparecia sequencialmente em 40 partes da tela sobre 3 *backgrounds*, com diferentes tonalidades de cores (branco, preto e cinza), e, posteriormente, fixar o seu olhar sobre 4 pontos vermelhos, que apareciam simultaneamente na tela, até que os mesmos “estourassem” (Figura 11) –, a pesquisadora criou uma história de que o ponto vermelho estava fugindo do participante e ele deveria capturá-lo, a fim de manter seu interesse e evitar que o participante desviasse o olhar da tela, o que poderia impossibilitar a calibragem do equipamento.

Os participantes, durante o processo de calibração, verbalizavam frases relativas à história, como: “Para de fugir de mim”; “Agora ficou de noite”; “Eu vou pegar a bolinha”; “Tá quase”; “Agora amanheceu”.

Figura 11*Etapas de calibração do equipamento*Extraído *print* da plataforma *RealEye*

O tempo despendido para calibração do equipamento para cada um dos participantes encontra-se descrito na Tabela 4.

Tabela 4*Tempo de calibração do equipamento por participante*

Participante	Tempo de calibração
C1	07:30
C2	06:47
C3	09:00
C4	09:52
C5	08:43
C6	10:00
C7	10:00
C8	09:35

É fundamental ressaltar que, caso os participantes desviassem o olhar da tela, o sistema solicitava recalibragem automática (Figura 12).

Figura 12*Exemplo de recalibragem automática realizada pelo sistema*Extraído *print* da plataforma *RealEye*

Trata-se de um processo célere e intuitivo, por isso os participantes, quando necessário, o realizaram com autonomia e facilidade. Caso o participante ficasse mais de 30 segundos sem olhar para a tela ou não conseguisse posicionar o olhar no local de determinado ajuste, a gravação era encerrada, pois a coleta dos dados poderia estar prejudicada. Em situações como

esta, deveria se retornar ao processo de calibração inicial¹⁸. Esta técnica permite melhor precisão dos dados e evita retrabalhos de calibragens, o que pode tornar o experimento cansativo e interferir no engajamento do participante, podendo levar, inclusive, à desistência em realizar a tarefa.

Finalizada a calibração, a pesquisadora apresentou, oralmente, instruções gerais sobre a atividade, que consistiam nas seguintes orientações:

- a) Indicar onde o participante deveria clicar para iniciar a tarefa;
- b) Solicitar que o participante identificasse o estímulo modelo, apontando-o com o dedo;
- c) Apresentar os estímulos de comparação e pedir que os participantes os identificassem, apontando na tela com o dedo.
- d) Orientar como deveria ser realizada a tarefa, de acordo com as etapas já descritas anteriormente.

Após as orientações iniciais, a pesquisadora solicitava ao participante que desse início à tarefa. Tendo em vista que um dos objetivos do estudo era que a criança realizasse com autonomia a atividade, a pesquisadora optou por não fornecer nenhum tipo de apoio, deixando que os participantes realizassem a tarefa de forma livre. Apoios somente seriam realizados se estritamente necessários.

Cada participante poderia realizar a tarefa apresentada no tempo máximo de 10 minutos – foi estabelecido este lapso temporal em virtude de tratar-se de jogos que possuíam diversos estímulos modelos (20 na tarefa 1 e 9 na tarefa 2). Findo o tempo, concluída ou não em sua integralidade, a tarefa era encerrada, os dados salvos e o participante era levado para encontrar o pai/responsável na recepção da instituição ou do escritório. Cada uma das tarefas foi realizada em uma sessão individual.

Importante destacar que a pesquisadora se posicionou em uma cadeira ao lado do estudante e um pouco atrás deste, para que pudesse observar a realização da tarefa e, ao mesmo tempo, não ocasionar qualquer interferência no processo de gravação. Os dados brutos foram salvos no formato “cvs” e, posteriormente, analisados.

O processo de análise dos dados coletados por meio da plataforma Real Eye se deu seguindo as seguintes etapas: a) os dados foram recebidos da plataforma Real Eye, que registra os pontos de fixação ocular; b) os dados passaram por um processo de formatação para se adequar ao formato exigido pelo algoritmo de análise (trata-se de procedimento estrutural que não altera os valores dos dados); c) foram geradas as fixações oculares, nas quais os pontos de

¹⁸ Trata-se de uma condição estabelecida pelo próprio programa de rastreamento ocular.

fixação foram agrupados com base em sua proximidade temporal e espacial. Um ponto central foi definido como o início de uma fixação, e quaisquer pontos subsequentes que se enquadrassem em um determinado espaço ao redor desse ponto (um quadrado de 200 pixels de lado) foram considerados parte da mesma fixação desde que estivessem dentro de um tempo limite (100 milissegundos).

Uma vez geradas as fixações foi efetuado o cálculo do tempo total de cada fixação. Fixações que não atendiam ao tempo mínimo aqui considerado como sendo 100 milissegundos eram excluídas. Os dados obtidos foram catalogados por participante em uma tabela elaborada no excel.

Além dos dados obtidos por meio do rastreamento ocular foram utilizadas também as falas dos participantes para realizar a análise dos resultados, as quais foram registradas pela pesquisadora no caderno de pesquisa ao longo da realização de cada uma das sessões com os participantes. Também foram utilizados os vídeos gerados pela plataforma a fim de obter dados sobre o tempo de execução das atividades e necessidade e número e recalibrações por participante.

Resultados

Os participantes realizaram todas as operações disponibilizadas, não necessitaram de auxílio da pesquisadora, nem mesmo verbal, raras vezes desviaram o olhar da tela e tiveram uma média de 19 acertos para a tarefa 1 e 8,87 para a 2. A resolução das tarefas propostas foi realizada dentro do tempo concedido para sua execução por todos os participantes. Com relação ao engajamento, foi satisfatório, tendo em vista que nenhum comportamento indicativo de baixo engajamento (comentários negativos ou alheios ao jogo, desviar o olhar da tela para outros elementos da sala, agitação ou desaprovação) foi apresentado.

Os poucos desvios do olhar e que necessitaram de recalibrações automáticas se deram por razões que não se caracterizam como falta de engajamento. E não impossibilitaram a continuidade do rastreamento ocular, razão pela qual nenhum participante teve que voltar ao processo de calibragem inicial.

A Tabela 5 apresenta os participantes que necessitaram de recalibragem automática, destacando a tarefa na qual se deu a recalibragem, quantas recalibrações automáticas foram realizadas, a razão do desvio do olhar e, finalmente, o tempo gasto para recalibração.

Tabela 5

Dados sobre a necessidade de recalibragem automática durante a realização das tarefas

Participante	Tarefa	Número de calibrações	Razão da Calibragem	Duração da calibragem
C1	1	1	Virou a cabeça em direção à pesquisadora para comemorar o acerto.	00:00:08
	2	1	Virou-se para mostrar a ração para a pesquisadora.	00:00:05
C2	1	2	Desviou o olhar para fazer um comentário com a pesquisadora. Quando não acertou, olhou para a pesquisadora para comentar sobre o erro.	00:00:05 (1ª) 00:00:07 (2ª)
C3	1	2	Mau posicionamento: abaixou o corpo na cadeira.	00:00:18 (1ª)
			Mau posicionamento: abaixou o corpo na cadeira.	00:00:11 (2ª)
C4	1	1	Olhou para a pesquisadora para comentar que estava acertando tudo.	00:00:05
	2	1	Desviou o olhar para comentar com a pesquisadora sobre a ração.	00:00:06
C6	1	2	Ajeitou o corpo na cadeira.	00:00:03 (1ª)
			Virou-se para melhor posicionar o <i>mouse</i> .	00:00:04 (2ª)
	2	3	Comentou seu acerto.	00:00:04 (1ª)
			Comentou que o cachorro estava comendo a ração.	00:00:03 (2ª)
			Comentou que a atividade era legal.	00:00:04 (3ª)
C7	1	4	Olhou para pesquisadora para perguntar se podia iniciar a tarefa.	00:00:06 (1ª)
			Levantou os braços para comemorar os acertos.	00:00:08 (2ª)
			Olhou para a pesquisadora para falar sobre o erro.	00:00:06 (3ª)
			Mau posicionamento na cadeira.	00:00:05 (4ª)

Ao analisar os dados trazidos na Tabela 5, é possível verificar que os participantes desviaram poucas vezes o olhar da tela. Os desvios não ocorreram em virtude de cansaço, falta de atenção ou inadequação à tarefa, mas por questões ergonômicas e, também, pelo desejo dos participantes em relatarem suas ações à pesquisadora.

Esses dados indicam que as tarefas selecionadas estavam adequadas ao repertório matemático dos participantes e estes conseguiram compreender o conteúdo e os objetivos das mesmas, realizando-as com autonomia.

Ainda com relação à necessidade de recalibragem automática, é possível verificar que, enquanto na sessão da tarefa 1 seis participantes necessitaram de valer-se desse recurso, na sessão da tarefa 2 esse número se reduziu à metade. Isso pode estar ligado à familiarização dos participantes com o rastreamento ocular, o que reduziu o desvio do olhar.

Para análise dos focos atencionais e do comportamento ocular dos participantes com relação aos elementos da IGU, foi realizado o isolamento das áreas de interesse (AOIs) em torno desses elementos, conforme descrito anteriormente (Figura 5), bem como capturados o número e o tempo de duração das fixações para cada um deles. A Figura 13 apresenta o desempenho de cada participante com relação ao tempo de execução da tarefa¹⁹, quantidade de

¹⁹ O tempo para execução da tarefa foi registrado em milissegundos, mas relatado aqui em segundos. Ele corresponde ao tempo de aparecimento do estímulo modelo e estímulo de comparação na tela até o momento da

acerto e erros, número e tempo de fixações em elementos gráficos relevantes e irrelevantes. Tendo em vista que a tarefa 2 possibilitava mais de uma tentativa para apresentação da resposta correta, consideramos como acerto as respostas corretas apresentadas na primeira tentativa.

Figura 13

Desempenho geral dos participantes por tarefa

Participante	Tarefa	Tempo de execução	Nº de estímulos modelos	Acerto	Erro	Nº de fixações nos elementos gráficos		Tempo das fixações nos elementos gráficos	
						Relevantes	Irrelevantes	Relevantes	Irrelevantes
C1	1	00:02:10	20	20	0	167	179	35,386	33,838
	2	00:02:14	9	9	0	123	267	22,331	47,697
C2	1	00:03:35	20	19	1	500	215	78,944	32,34
	2	00:05:46	9	9	0	161	825	23,098	120,73
C3	1	00:03:11	20	20	0	87	218	13,997	38,996
	2	00:02:14	9	9	0	76	349	16,219	65,075
C4	1	00:01:40	20	20	0	71	82	11,565	12,341
	2	00:02:15	9	9	0	71	257	10,553	42,585
C5	1	00:02:52	20	19	1	26	119	3,537	15,829
	2	00:02:15	9	9	0	41	96	5,752	13,235
C6	1	00:03:32	20	16	4	106	71	15,865	10,289
	2	00:03:51	9	8	1	35	158	5,193	23,119
C7	1	00:07:26	20	18	2	117	419	17,022	62,108
	2	00:02:44	9	9	0	52	175	8,807	32,739
C8	1	00:04:03	20	20	0	327	101	55,07	15,527
	2	00:02:14	9	9	0	8	67	1,439	10,852

No geral, as pontuações na conclusão das tarefas foram altas, conforme descrito na Figura 13, acima. Isso demonstra que a tarefa estava adequada ao repertório de entrada matemático dos participantes e que os mesmos conseguiram compreender o que fora solicitado em cada um dos estímulos modelos. E realizaram com autonomia as tarefas propostas, considerando que nenhuma dica verbal ou visual fora ofertada pela pesquisadora, quando da execução de cada uma das tarefas do experimento.

Com exceção de C7, que precisou de um tempo maior que os demais participantes para execução da tarefa 1 (00:07:26), e de C2, cujo tempo mais longo se deu para realização da tarefa 2 (00:05:46), todos os demais participantes apresentaram tempo de execução das tarefas muito próximos, variando entre 2 e 4 minutos para ambas as tarefas. Comparando o tempo médio de realização das tarefas 1 e 2, verificou-se que os participantes gastaram em média 03:34 minutos para realização da tarefa 1 e 02:57 minutos para a tarefa 2, valores estes que aparentemente são pouco significativos. Todavia, levando-se em conta que a tarefa 1 era composta por um bloco de 20 tentativas e a tarefa 2 de um bloco de 9 tentativas, é possível verificar que, mesmo tendo

conclusão da tarefa, sinalizado pelo aviso visual da atividade comunicando seu fim, ou no decurso do tempo estabelecido pela pesquisadora.

os mesmo objetivos e condições de ensino, a tarefa 2 demandou um tempo maior de execução do que a tarefa 1, quando equiparado à quantidade de tentativas apresentadas.

Em relação às fixações, consideradas aqui como “movimentos oculares que estabilizam a retina sobre um objeto estacionário de interesse” (Duchowski, 2007, p. 43), elas ocorrem quando o olho se concentra em um determinado elemento da tela, um desenho, um número, uma palavra. Uma fixação representa que o participante fixou o olhar por 100 milissegundos ou mais.

Constatou-se que, na primeira tarefa, apesar de apresentarem diferenças entre si, o número de fixações em elementos gráficos relevantes equiparou-se ao de fixações em elementos irrelevantes da tela, sendo em média 175,12 fixações para os elementos relevantes e 175,5 para os elementos irrelevantes. Todavia, na segunda tarefa ocorreu uma diferença significativa entre o número de fixações entre elementos relevantes e irrelevantes: em média os participantes apresentaram 70,87 fixações nos elementos relevantes e 274,25 nos irrelevantes. Estes dados encontram-se detalhados na Figura 14. Esta diferenciação pode ter ocorrido em virtude de a quantidade de elementos irrelevantes disponibilizados na IGU ser maior na segunda tarefa do que na primeira tarefa.

Importante destacar que, no tempo de realização da tarefa 2, foi subtraído o tempo gasto para que a ração percorresse o cano e caísse na bacia, de modo a assegurar a paridade entre as tarefas, tendo em vista que as animações da tarefa 1 não representavam valores significativos para o cômputo do tempo de execução.

Discussão

Este capítulo teve como objetivo comparar o comportamento ocular de crianças com e sem autismo na realização de tarefas de adição simples em JEDs disponibilizados na *web*. Buscamos responder ao seguinte questionamento: Ao realizar atividades de adição simples em JEDs de matemática, crianças com e sem autismo apresentam maior número de fixação ocular nos elementos gráficos da tarefa ou nos elementos secundários (irrelevantes)?

Os resultados apresentados por meio das medidas do rastreamento ocular trouxeram indícios promissores com relação à acessibilidade de IGU de JEDs disponibilizados na *web*. E, ainda, o quanto esta pode influenciar na forma com que o estudante compreende visualmente e interage com tarefas de JEDs.

Os tempos de execução, quantidade e número de fixações revelam que os participantes da pesquisa processaram as informações disponibilizadas nos JEDs voltadas para o ensino da

matemática de forma similar, independentemente da condição biopsissocial que envolve o autismo. Esses dados contrariam estudos anteriores desenvolvidos com adultos com autismo e que demonstraram diferenças no processamento de informações disponibilizadas na *web* entre pessoas com e sem autismo (Grynszpan et al., 2008; Rezae et al. 2020; Uitdenbogerd et al., 2022). E corroboram outros estudos em que esta diferença não foi constatada, sendo que adultos com e sem autismo enfrentaram as mesmas facilidades e dificuldades em relação aos elementos da interface gráfica, bem como apresentaram desempenhos similares na realização de tarefas na *web* (Alzahrani et al., 2022; Deering, 2013).

O número e o tempo maiores de fixações em elementos irrelevantes, bem como tempos similares gastos para a execução das tarefas 1 e 2, mesmo contendo esta a metade de blocos de tentativas daquela, revelam que a presença de elementos secundários (irrelevantes) na IGU pode levar as crianças com e sem autismo a demorarem mais tempo para compreender e realizar tarefas de JEDs. O foco atencional nos elementos da tela pode interferir no desenvolvimento da atividade e na capacidade de resposta do estudante.

Quando utilizamos muitos elementos distratores na tela, observamos uma inclinação para focar o olhar nesses elementos, em detrimento daqueles relevantes para a execução da tarefa (Alzahrani et al., 2022; Uitdenbogerd et al., 2022).

Esses resultados estão de acordo com estudos anteriores, que destacam que elementos gráficos irrelevantes atraem mais o foco atencional do usuário do que os elementos relevantes – o que interferiu diretamente no tempo da tarefa (Alzahrani et al., 2022; Uitdenbogerd et al., 2022).

Os dados nos revelaram, ainda, que a condição de estar no espectro não interfere na forma como as crianças compreendem visualmente os elementos da IGU, e nem mesmo no seu desempenho, quando comparadas com crianças fora do espectro pareadas em idade, repertório matemático de entrada e escolaridade. Assim, tem-se que a eficácia ou não dos JEDs está relacionada ao desenho gráfico dos mesmos e não à condição do sujeito que os opera – corroborando estudos que destacam a necessidade de uma interface gráfica simples, fácil e com poucas informações (Britto & Pizzolato, 2018; Filatro, 2008; Peters, 2013).

Ao projetar uma IGU mais limpa, com capacidade de personalização e que leve em conta os diferentes perfis cognitivos, estamos contribuindo para tornar os JEDs mais amigáveis. O objetivo de uma IGU amigável não é apenas facilitar a usabilidade, mas também a atenção visual, compreensão do conteúdo e desempenho do estudante (Cybis et al., 2010).

Uma interface mal projetada, com excesso de elementos secundários e difícil de ser compreendida visualmente pelo usuário, influencia diretamente no engajamento do estudante (Peters, 2013).

Neste sentido, diretrizes de acessibilidade voltadas para estudantes com autismo, como é o caso do GAIA (Brittito & Pizzolato, 2016, 2018), podem trazer benefícios também para crianças fora do espectro. Isto porque preveem um *design* mais amigável e intuitivo da IGU, facilitando a usabilidade do usuário. Além de vislumbrarem diferentes estilos cognitivos, vão ao encontro dos princípios inclusivos que visam a construção de uma educação universal.

Dados sobre número de fixações e tempo de fixações em elementos relevantes e irrelevantes de JEDs trazem informações importantes tanto para os desenvolvedores de *softwares* quanto para os professores que fazem uso dos mesmos. Isto porque permitem visualizar, identificar e analisar variáveis críticas que podem levar à baixa eficácia desses recursos tão comumente utilizados em sala de aula.

Tendo em vista que essas medidas dão dicas importantes sobre o foco atencional dos estudantes, o professor pode lançar mão delas para ter um melhor controle dos estímulos utilizados. E, a partir daí, programar condições de ensino mais dinâmicas e eficazes e que respeitem as singularidades de cada sujeito. Desse modo, deve assegurar-se de que o JED do qual lança mão para introduzir ou até mesmo reforçar conteúdo dos componentes curriculares esteja realmente adequado e possa contribuir para o desenvolvimento do estudante com ou sem autismo.

Analisar o JED e como o estudante realmente interage com ele é fundamental para assegurar que seu uso seja um preditor de sucesso e não de estagnação da aprendizagem. Os dados do rastreamento ocular possibilitam esta avaliação, já que permitem identificar o modo como os estudantes compreendem visualmente os estímulos modelos e de comparação de uma determinada tarefa (Cybis et al., 2010). Sendo mais eficazes do que as técnicas investigativas tradicionais, como questionários e observações *in loco*, pois possibilitam ter medidas precisas sobre o local da tela para o qual a criança está realmente olhando – além de permitirem analisar as preferências da criança com relação aos elementos da IGU.

Estudos dessa natureza permitem, ainda, lançar um olhar diferenciado sobre as condições de ensino ofertadas às crianças com autismo, aproximando-se do modelo biopsicossocial da deficiência (Organização Mundial da Saúde [OMS], 2013), uma vez que reconhecem o papel dos fatores ambientais enquanto geradores de incapacidades. No caso dos JEDs, a incapacidade e o insucesso podem estar diretamente ligados a um desenho gráfico inadequado e que não contempla diferentes perfis de aprendizagem. Cabe, desse modo, a

desenvolvedores, educadores, terapeutas e pais o papel de programar condições de ensino que visem promover a inclusão de todas as crianças, em especial quando se recorre à tecnologia enquanto elemento auxiliar da aprendizagem.

Sendo assim, mudanças positivas na interação de crianças com JEDs devem perpassar a adoção de interfaces amigáveis que tornem esses recursos acessíveis a qualquer criança. Estas proposições encontram respaldo na própria Lei Brasileira de Inclusão, que traz a necessidade de um desenho universal capaz de possibilitar o uso de um determinado JED por todas as crianças, sem a necessidade de adaptação ou projeto específico. Projetar e utilizar JEDs realmente acessíveis é um grande passo na busca por uma educação inclusiva.

Uma das limitações deste estudo foi com relação à quantidade de participantes; recomenda-se que, em estudos futuros, experimentos sejam realizados com um público maior. Sugere-se também que outras medidas implícitas sejam consideradas na análise, como o movimento sacádico e a dilatação da pupila, para compreender, também, como a acessibilidade ou ausência desta pode influenciar no esforço cognitivo dos participantes para realizarem uma determinada tarefa, conforme indícios trazidos por estudos prévios (Iqbal et al., 2005). Ainda assim, os dados avançam em relação à literatura prévia quanto ao uso do rastreamento ocular, para avaliar a influência da interface gráfica na interação entre o estudante e o JED a ele disponibilizado, possibilitando uma melhor utilização de recursos digitais na aprendizagem de crianças com e sem autismo.

E, ainda, permitem romper com o estigma de incapacidade trazido pelo modelo biomédico e caminhar na concepção biopsicossocial da deficiência. Isto porque demonstram que, quando expostas às mesmas condições de ensino e com o mesmo repertório acadêmico, crianças com autismo apresentam desenvolvimento similar a crianças que se encontram fora do espectro. Nota-se, portanto, que os paradigmas trazidos por este estudo podem ser usados para melhorar a acessibilidade de interfaces gráficas também com o usuário de uso geral.

Considerações finais

Em termos de resultados das medidas de rastreamento ocular, o presente estudo traz indicativos de que JEDs com interfaces com baixa acessibilidade e presença de muitos elementos secundários podem desviar o foco atencional dos usuários para estes elementos. O desvio do foco atencional faz com que crianças levem muito mais tempo para realizar tarefas, quando em comparação com interfaces amigáveis.

Daí a necessidade de se adotarem diretrizes de acessibilidade que possibilitem a elaboração de JEDs com interfaces amigáveis. Isto porque, quanto mais amigável é uma interface, maior será a facilidade encontrada pelo usuário para manipular seus elementos, proporcionando uma maior eficácia do jogo.

Os resultados obtidos trouxeram indícios de que o fato de se encontrarem no espectro não foi determinante para o desempenho dos participantes. Tal fato é de salutar importância, pois possibilita romper com os estigmas da “Síndrome do Diagnóstico”²⁰, que pairam sobre as crianças com autismo e fazem com que as mesmas sejam rotuladas a partir do diagnóstico clínico. Diagnóstico este que, embora importante para se conhecerem as peculiaridades das pessoas com autismo, não pode ser considerado elemento definidor de suas potencialidades. Quando a escola não leva em conta as condições de ensino que oferta aos estudantes como fator que pode estar influenciando no sucesso ou insucesso, ela tende a transferi-lo para o estudante.

Por esta razão, é tão importante avaliar a acessibilidade dos JEDs dos quais se lança mão enquanto recurso pedagógico, pois estes, quando pouco acessíveis, podem ser preditores de insucesso.

Importante destacar, ainda, que o uso de JEDs na aprendizagem com vistas à promoção de uma educação inclusiva requer uma ação multidisciplinar. No caso do presente estudo, a ponte entre pedagogia e computação foi fundamental, pois foi o tratamento dos dados pelo pessoal da computação que possibilitou compreender e interpretar o comportamento ocular dos participantes e, assim, analisar se as condições de ensino ofertadas estavam ou não adequadas e acessíveis aos participantes da pesquisa.

²⁰ Vide maiores informações em Souza, A. C. (2019). *O uso de tecnologias digitais educacionais para o favorecimento da aprendizagem matemática e inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista em anos iniciais de escolarização* [Master's thesis in Education, Universidade Federal de Alfenas]. BDTD – TEDE – Sistema de Publicação Eletrônica de Teses e Dissertações.

PREÂMBULO AO CAPÍTULO 4: COM GOSTINHO DE QUERO MAIS

O capítulo 3 nos trouxe dados importantes sobre o comportamento ocular de crianças com e sem autismo ao realizarem tarefas de adição em JEDs. Os resultados revelaram que os elementos da IGU são compreendidos visualmente de modo bastante similar por crianças dentro e fora do espectro. O que, visto à luz do modelo biopsicossocial da deficiência, se apresenta como uma evidência importante para romper com a incapacidade atribuída ao sujeito pelo modelo biomédico e caminhar no sentido de uma educação inclusiva.

No capítulo seguinte estas questões serão retomadas e aprofundadas, buscando verificar como o desenho da interface gráfica de jogos educacionais digitais voltados para o ensino da matemática (variável independente) pode tornar-se um preditor de fracasso e exclusão de crianças com TEA (variável dependente).

CAPÍTULO 4

VEJO, LOGO APRENDO?

Ao longo das últimas décadas, o uso de JEDs tem se apresentado crescente, principalmente no ensino da matemática, visando torna-lo mais dinâmico e criativo. E, desse modo trazer uma aproximação entre a matemática cotidiana e a escolar.

Um aspecto de grande relevância, mais ainda pouco abordado acerca dos JEDs diz respeito ao desenho da sua interface (Santos, 2004). Discutir o desenho da interface gráfica e suas implicações para o processo de aprendizagem é uma questão emergente, haja vista que é por meio da interface que ocorre a interação ente o usuário (Johnson, 2001). Ou seja, é ela a responsável por tonar acessível e intuitivo ou menos acessível.

Jogos com interfaces complexas que não levam em conta o usuário final e, ainda o perfil cognitivo dos estudantes podem tornar-se preditores de fracasso no processo de aprendizagem. Por isso ao se projetar um software voltado para a educação deve ter em mente os objetivos pedagógicos aos quais se propõem e que são muito mais amplos do que os das interfaces não educacionais (Santos, 2004).

Pensar no desenho da interface é uma forma de assegurar que o recurso que está sendo levado para a sala de aula tem potencial para contribuir para a aprendizagem e não ao contrário. Isto porque o uso de um recurso tecnológico complexo, de difícil utilização e com baixa acessibilidade pode ser tão maléfico quanto as metodologias pautadas na reprodução e memorização.

Neste sentido o presente estudo buscou verificar como o desenho da interface gráfica de jogos educacionais digitais voltados para o ensino da matemática pode afetar o desempenho de estudantes com TEA no desenvolvimento de atividades de contagem (até 10). Buscamos responder as seguintes questões: A complexidade do desenho da interface gráfica de JEDs pode interferir no desempenho das crianças com TEA quando da interação com estes? Como os JEDs podem contribuir para a perpetuação da síndrome do diagnóstico?

Para alcançar o objetivo aqui proposto foi realizado um estudo de rastreamento ocular de quatro crianças com TEA durante a realização de tarefas de contagem (até 10) em dois JEDs voltados ao ensino da matemática e disponibilizados em plataformas *online*. Eles geraram métricas relativas ao tempo e número de fixações as quais foram utilizadas para a geração de mapas de calor. O que possibilitou analisar as áreas de maior interesse dos participantes,

possibilitando verificar o quanto o desenho da interface afetou o desempenho destes (quantidade de acertos e erros obtidos).

Os resultados obtidos trouxeram indícios de que o desenho da interface gráfica pode prejudicar o desempenho do estudante na realização tarefas de JEDs voltados ao ensino da matemática, promovendo um maior número de erros e, até mesmo, incapacidade de resolução de questões cujo conteúdo faz parte de seu repertório matemático. Esses dados demonstram a importância de se lançar um olhar crítico sobre as condições de ensino (JEDs) que estão sendo ofertadas para os estudantes com TEA no ensino da matemática.

Desenho de interface: por que pensar nele?

A literatura aponta que o uso dos jogos digitais vem ao encontro dos objetivos da educação matemática e é uma importante ferramenta para despertar no estudante competências matemáticas (Pea, 1987; Pereira, 2017; Goldenberg, 2000). Por isso eles aparecem como uma tendência quando se busca fomentar o engajamento dos estudantes e facilitar a aprendizagem matemática deles.

Todavia, para que um recurso digital (jogo da *web*, aplicativo ou qualquer outra atividade informatizada) possa realmente representar um suporte eficaz para a aprendizagem da matemática, muito mais do que trazer conteúdos ligados à disciplina, ele deve fomentar o protagonismo do estudante (Pea, 1987). E é neste ponto que as características do desenho da interface do jogo se tornam importantes, uma vez que, se mal projetado, pode fazer com que o estudante tenha dificuldades em realizá-lo e até mesmo desestimular seu uso.

De acordo com Johnson (2001) o desenho da interface deve ser pensado cuidadosamente, pois é ele que irá chamar a atenção do usuário e possibilitar sua interação ou rejeição ao *software*, página da *web* ou aplicativo. Deste modo, ao pensar no desenho da interface é preciso pensar muito mais do que as cores, formatos, botões, mas também no usuário e como estes elementos irão impactar a experiência deste, principalmente em se tratando de recursos voltados à aprendizagem.

Santos (2004) destaca que, apesar de sua importância, o desenho de interfaces é uma atividade negligenciada, principalmente quando se trata de projetos específicos como *softwares* voltados para aprendizagem, onde carece de critérios para subsidiar seu desenvolvimento. O que acaba refletindo em problemas para o usuário.

Baranauskas e Rocha (2000), Cybis et al. (2005) e Schell (2011), consideram que desenho da interface deve por critérios, princípios, normas de usabilidade que assegurem seu

uso e aceitação por parte dos usuários. Diversos são os critérios adotados pelos autores a fim de verificar se os atributos do desenho da interface estão ou não garantindo uma utilização fácil pelo usuário. Baranauskas e Rocha (200) ressaltam que um bom desenho de interface deve garantir facilidade de aprendizagem, baixa incidência de erros e satisfação.

Schell (2011) destaca que o desenho da interface voltado para o ensino da matemática deve conter quatro elementos básicos. 1) Mecânica que estabelece as regras e objetivos do jogo; 2) Narrativa o contexto em que o jogo se desenrola; 3) Estética a aparência do jogo, ou seja, os elementos que compõem a interface e irão influenciar na forma com que o usuário experencia o mesmo; 4) Tecnologia que irá assegurar o funcionamento do jogo.

Esses elementos do desenho da interface, de acordo com Santos (2004) apesar de sua importância são pouco ou nada considerados, especialmente no desenvolvimento de jogos voltados para a aprendizagem. Santos (2004) resalta a necessidade de repensar o processo de criação destes jogos à luz das implicações do desenho da interface para a aprendizagem ou ausência dessa de modo a contribuir para que esses recursos realmente contribuam para uma aprendizagem dinâmica, eficaz e autônoma, pois os princípios gerais que direcionam a usabilidade dos softwares gerais elas não dão conta no desenvolvimento de uma interface para um software com finalidades educacionais.

Soluções multimídias voltadas à aprendizagem exigem um desenho que seja pautado em fundamentos educacionais de modo a assegurar processo adequado de transição de informação capaz de favorecer aprendizagem. Daí a necessidade de se analisar os impactos do desenho da interface na aprendizagem do usuário, inclusive mensurando o quanto este pode influenciar para uma melhor ou pior aprendizagem (Pereira, 2004).

Estudos atuais sobre jogos de matemática digital sugerem que alguns recursos do desenho da interface de jogos digitais podem fazer a diferença no aprendizado matemático das crianças (Moyer-Packenham & Westenskow, 2013; Moyer-Packenham et al., 2019; Moyer-Packenham et al., 2020).

Em uma meta-análise que sintetizou os resultados de 66 relatórios de pesquisa que examinam os efeitos dos manipuladores virtuais no desempenho de alunos em matemática, Moyer-Packenham e Westenskow (2013) destacaram cinco *affordances* (conceito utilizado pelo profissional de *design* para determinar o quanto a funcionalidade de um objeto é intuitiva ou autoexplicativa) específicas de manipuladores virtuais que promoveram a aprendizagem matemática. São elas: restrição focada (foca e restringe a atenção do estudante em objetos e processos matemáticos), variação criativa (incentiva a criatividade e aumenta a variedade de soluções dos estudantes), vinculação simultânea (vincula simultaneamente representações entre

si e com as ações dos estudantes), precisão eficiente (contém representações precisas que permitem o uso preciso e eficiente) e motivação (motivam os estudantes a persistir em tarefas matemáticas). Para os autores, quando os objetos de matemática digital fornecem esses *affordances*, eles impactam positivamente para a aprendizagem matemática, uma vez que colocam o aluno em contato direto com o conceito matemático, fazendo com estes sejam mais facilmente interiorizados.

Moyer-Packenham et al. (2019) analisaram o desenho da interface de 12 jogos digitais voltados para o ensino da matemática, buscando verificar como os recursos nele presente poderiam contribuir para a aprendizagem em geral e gerar conexões com conceitos matemáticos. Os resultados do estudo revelaram que recursos como níveis progressivos, tutoriais de informação e várias tentativas fornecem suporte geral de aprendizagem em um jogo de matemática digital, enquanto outros recursos, como representações matemáticas vinculadas e ações físicas ligadas a conceitos matemáticos, nem tanto.

Ainda de acordo com Moyer-Packenham et al. (2019), o desenho de jogos educativos voltados à aprendizagem matemática deve conter as seguintes características:

- a) *Feedback*, que, segundo os autores, pode ocorrer de diversas formas (áudio, vídeo, texto, imagem etc.) e permite que o estudante possa acompanhar sua evolução ao longo do jogo;
- b) Tentativas ilimitadas/múltiplas, uma vez que permitem com que o estudante experimente várias vezes até encontrar a resposta correta, permitindo, portanto, que este crie estratégias para alcançar os objetivos fixados no jogo, permitindo que cada um, dentro de seu tempo, possa repensar suas próprias ações, para que possa evoluir de um nível para o outro;
- c) Tutoriais informativos e dicas que fornecem auxílio para que o estudante possa saber o que está sendo solicitado na tarefa ou uma forma de realizá-la com mais precisão;
- d) Restrição focada, que possibilita que o nível de dificuldade do jogo vá aumentando gradativamente e de acordo com as características de cada sujeito;
- e) Eficiência do jogo, que cria condições para melhor manipulação do objeto pelos estudantes.

As características acima descritas buscam tornar o desenho da interface mais dinâmico e acessível, possibilitando uma maior interação do estudante com o jogo e, conseqüentemente, com o conteúdo por ele projetado.

Moyer-Packenham et al. (2019) destacam ainda que recursos do desenho da interface limitados ou com foco em apenas um tipo de representação matemática podem fazer com que ele seja projetado de forma ineficaz. E também que nem todos os recursos atingem de maneira igualitária a todos os usuários, sendo que um recurso pode ser benéfico para um determinado

grupo e fator dificultador para outros, por isso a necessidade de se utilizar uma gama de recursos que possibilite personalizar e promover a acessibilidade de usuários com diferentes perfis cognitivos.

Os referidos autores examinaram as interações de 193 crianças com 5 anos de idade com 12 jogos digitais de matemática, visando compreender como as características do desenho da interface afetaria a conscientização das crianças para os recursos do jogo e de que forma isso poderia contribuir para sua aprendizagem. Os resultados revelaram que aspectos do desenho da interface, como fornecimento de informação, presença de objetos manipuláveis e restrição focada, tiveram impactos positivos na interação e aprendizagem das crianças, o que pode ser percebido por meio da análise dos dados obtidos por meio de vídeos, entrevistas e aplicação de pré e pós-teste.

Assim, quando um jogo digital é utilizado para facilitar a aprendizagem de conceitos matemáticos, deve-se ter em mente que as características e recursos ofertados por seu desenho irão influenciar na forma com que o estudante apreende e aprende o conteúdo que está sendo ensinado, influenciando positiva ou negativamente para a aprendizagem. Isto porque a ausência de determinados recursos de *design*, especialmente aqueles que ajudam a criança a se conectar com a matemática, pode ser vital para a aprendizagem destas quando utilizam um jogo digital matemático (Moyer-Packenham et al., 2019).

Método

Participantes

Participaram do presente estudo quatro crianças com idade compreendida entre quatro e sete anos de idade diagnosticadas com TEA. A seleção dos participantes se deu junto aos estudantes que frequentam o AEE na instituição em que a pesquisadora trabalha e na qual foi desenvolvida a pesquisa. Foram adotados como critérios de inclusão: diagnóstico fechado de TEA, estar inserido no ensino regular, ter tido contato prévio com computador, uma vez que o presente estudo não teve como objetivo ensinar comportamentos de manipulação de *mouse*, entre outros, estar em início de escolarização. Os critérios de exclusão foram: não ter diagnóstico fechado, não frequentar escola regular e não ter tido contato prévio com computador.

Foram indicados pelas professoras da sala de AEE, inicialmente cinco participantes. Em um primeiro momento, a pesquisadora entrou em contato com o pais/responsáveis,

pessoalmente e apresentou a pesquisa a cada um deles, a fim de obter o seu consentimento. Um dos participantes selecionados foi excluído por ter adoecido no período em que os dados foram coletados. Os quatro participantes restantes e que compuseram o *corpus* da pesquisa foram devidamente autorizados a participar da mesma pelos seus pais/responsáveis por meio da assinatura do TCLE. Também os participantes deram seu aceite com a assinatura do TALE. Os dados sobre idades, gênero, diagnóstico, nível de suporte e escolaridade foi obtido por meio de pesquisa ao prontuário *online* dos participantes que foram disponibilizados pela instituição na qual a pesquisa se desenvolveu. Para avaliar o repertório de entrada matemático dos participantes, foi utilizado o instrumento PRAHM (Costa et al., 2017), já descrito no capítulo 3. A Tabela 6 apresenta a descrição dos participantes da pesquisa, destacando sua idade, gênero, diagnóstico, nível de suporte, escolaridade e pontuação obtida no PRAHM.

Tabela 6

Descrição dos sujeitos da pesquisa

Sujeito	Idade	Gênero	Diagnóstico	Nível	Escolaridade	Pontuação PRAHM
C1	4 anos	M	6A02.0	Nível 1	Jardim I	18 pts
C2	6 anos	M	6A02.0	Nível 1	1º Ano Ens. Fund.	13 pts
C3	6 anos	F	6A02.0	Nível 1	1º Ano Ens. Fund.	18 pts
C4	7 anos	M	6A02.0	Nível 1	2º Ano Ens. Fund.	17 pts

Por meio da análise dos dados constantes da tabela 6 acima, verifica-se que os participantes possuem diagnóstico de autismo nível 1 e encontram-se nos primeiros anos de escolarização, possuindo idade e repertório de entrada matemático similares.

Ambiente experimental

A coleta de dados se deu no laboratório de informática da instituição onde a pesquisadora trabalha e que os participantes frequentam no contraturno da escola regular. O espaço conta com 10 computadores *desktop* disponibilizados em mesas dispostas em “L”, 10 cadeiras, acesso à internet, lousa digital, projetor e um armário, iluminação e ventilação artificiais. Tendo em vista que os computadores *desktop* não possuíam *webcam*, e sendo este equipamento fundamental para a coleta de dados, a pesquisadora optou por fazer uso de seu

laptop pessoal. Trata-se de um ambiente livre da presença de elementos distratores (sons externos, presença de brinquedos ou qualquer outro objeto capaz de desviar a atenção dos participantes). Para a realização das tarefas, os participantes fizeram uso de *mouse* conectado ao *laptop* por meio de porta USB (*Universal Serial Bus*).

Jogos

Foram utilizados dois JEDs contendo tarefas de contagem até 10, do *site* Coquinhos²¹ e da plataforma de educação matemática Matific²². A escolha por atividades contidas nessa página da *web* (Coquinhos) se deu em virtude da disponibilização gratuita, com fácil acesso aos professores; já com relação à plataforma de aprendizagem (Matific), por ser disponibilizada para as escolas do município via Secretaria Municipal de Educação (SME). Ambos contemplam os objetivos da pesquisa, bem como o repertório de entrada dos participantes.

A escolha por estes recursos se deu de forma proposital, a fim de possibilitar uma discussão com relação à escolha das atividades pelos professores e como esta deve ser realizada, destacando em especial um olhar voltado o desenho da IGU. Isto porque, atualmente, muitos *sites* e plataformas se denominam pedagógicos e desenvolvidos por especialistas em educação e, por essa razão, chamam a atenção e ganham adesão de profissionais e pais de crianças com TEA. Mas será que eles realmente cumprem os propósitos aos quais se propõem e denominam?

Para a seleção das tarefas, foram utilizados como critérios de inclusão: a) estar de acordo com o repertório matemático dos participantes; b) ser inédita aos participantes e c) possuir os mesmos objetivos (contagem até 10). A diferenciação no desenho da IGU no que diz respeito ao número de estímulos de comparação, elementos gráficos da tela, tamanho dos estímulos modelo foram propositalmente pensadas pela pesquisadora para atender aos objetivos do estudo.

A fim de evitar qualquer tipo de viés que pudesse prejudicar a eficácia e validade dos dados coletados, a pesquisadora assegurou-se de que os JEDs eram inéditos aos participantes. Para tanto, realizou os seguintes procedimentos: apresentou, previamente, os estímulos aos pais e professores e, também, questionou junto aos participantes, quando do início da sessão, se eles

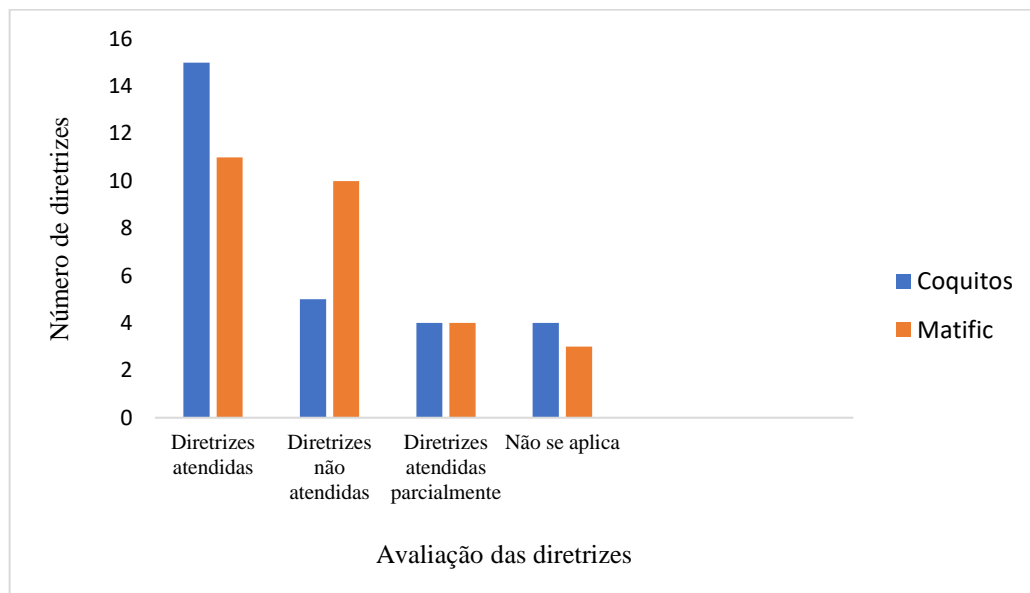
²¹ Trata-se de um *site* gratuito que disponibiliza jogos educativos *on-line* para crianças, adolescentes e adultos em idade escolar, sendo estes jogos divididos em categorias e disciplinas de acordo com o nível de escolarização do usuário. Todas as atividades são interativas e podem ser utilizadas em sala de aula ou em casa para introduzir, reforçar ou motivar o processo de aprendizagem (<https://www.coquinhos.com>).

²² Trata-se de uma plataforma de jogos e aprendizagem matemática desenvolvida por especialistas em educação e disponibilizada por diversas secretarias de educação às escolas, inclusive pela Secretaria Municipal de Educação do município em que a pesquisadora atua, e que é utilizada por muitos professores enquanto recurso didático (<https://www.matific.com/bra/pt-br/home/>).

conheciam ou já haviam tido algum contato prévio com os jogos (estímulos). Sendo assegurado, portanto, que era a primeira vez que os participantes tinham contato com os estímulos, eles foram selecionados para compor o estudo. A avaliação da acessibilidade das tarefas contidas nos JEDs foi realizada nos mesmos moldes e pelos mesmos juízes do capítulo 3 e está apresentada na Figura 14, por meio da qual é possível constatar que atividade desenvolvida pelo site não especializado (representado pela cor azul) contempla mais parâmetros de acessibilidade do que a tarefa 2 (representada pela cor laranja), desenvolvida por um site que se intitula como sendo especializado em educação matemática.

Figura 14

Avaliação de acessibilidade das tarefas 1 e 2 – Contagem



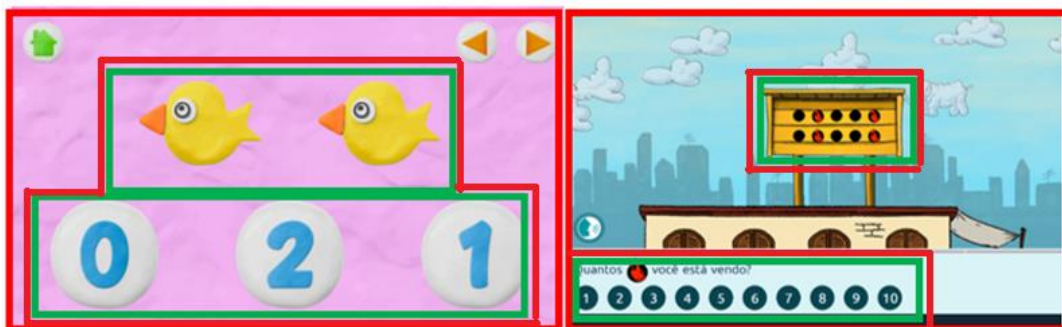
Em ambas as tarefas o objetivo era que o participante observasse a figura disposta na tela (na tarefa 1 figuras diversas e na tarefa 2 pássaros), realizasse a contagem das mesmas e, em seguida, clicasse no número correspondente a quantidade de figuras. Todavia, o desenho da IGU das tarefas é bastante diversificado, na tarefa 1 existem poucos elementos gráficos, apenas 3 estímulos de comparação e todos os elementos possuem um tamanho grande. Ao passo que, na tarefa 2 há uma diversidade de elementos gráficos (nuvens, gaiolas, prédio ao fundo e embaixo da gaiola e um total de 10 estímulos de comparação). Tal escolha, repise-se, foi feita de forma intencional, tendo em vista os objetivos do estudo. Isto porque, conforme já amplamente destacado nos capítulos iniciais desta tese, o desenho da IGU poderá torná-la mais ou menos acessível, facilitando ou criando barreiras para a interação do estudante. Fato este que pode fazer com que o recurso tecnológico seja um preditor de sucesso ou fracasso, uma vez que

influencia na maneira com que o estudante vê e interage com o objeto de aprendizagem nele disposto (no caso do presente estudo o conceito de contagem de numerais até 10).

Por esta razão e, tendo em vista o que diz a literatura sobre acessibilidade e os elementos da IGU que podem facilitar ou dificultar a interação do estudante com o jogo foram eleitos como relevantes os elementos necessários para a execução da tarefa (estímulo modelo e de comparação) e irrelevantes todos os outros elementos constantes da IGU que não seriam necessários para a tarefa, podendo torna-se elementos de distração, ou seja, capazes de desviar o foco atencional do estudante e, assim, gerar incertezas quando da realização da atividade proposta. Essa descrição encontra-se representada na Figura 15 que apresenta, na cor verde, os elementos relevantes e, na cor vermelha, os irrelevantes em cada uma das tarefas. A execução das atividades contendo o estímulo 1 foi designada como tarefa 1, e envolvendo o estímulo 2, tarefa 2.

Figura 15

Elementos relevantes e irrelevantes das tarefas 1 e 2 – Contagem



Extraídos *prints* do site <https://www.coquinhos.com> e da plataforma Matific: <https://www.matific.com/>

Para realizar a tarefa 1, o participante deveria: 1) olhar os elementos dispostos no centro da tela (todos os estímulos modelos foram os mesmos para todos os participantes) e realizar a contagem destes; 2) olhar os numerais dispostos abaixo das figuras; 3) selecionar, por meio do clique do *mouse*, o numeral que correspondesse à quantidade de figuras apresentados na tela.

Caso o participante selecionasse o estímulo de comparação (numeral) que respondesse corretamente ao estímulo modelo apresentado, tinha como consequência imediata o aparecimento do sinal de correto, na cor verde, em cima do numeral e, em seguida, um novo estímulo modelo era apresentado. Se a resposta estivesse incorreta, a consequência imediata seria o aparecimento do sinal de incorreto, na cor vermelha, sobre o numeral. E o participante poderia escolher outro estímulo de comparação (sendo um total de mais duas escolhas), conforme Figura 16.

Figura 16

Consequências à resposta apresentada pelo participante na tarefa 1 – Contagem



Extraído *print* do site <https://www.coquinhos.com>

No total, foram apresentadas 10 tentativas para cada participante. Uma tentativa é descrita como um conjunto de elementos e, para cada tentativa, havia 3 estímulos de comparação (ex.: 1, 4, 5), dos quais apenas um correspondia à solução correta para o estímulo modelo. As tentativas, assim como os estímulos modelos, foram apresentados na mesma sequência para todos os participantes. O tempo total concedido a cada participante para a realização da tarefa foi de 10 minutos.

Na tarefa 2, da plataforma Matific, o participante deveria: 1) olhar os pássaros dentro da caixa disposta no centro da tela 2) realizar a contagem dos pássaros; 3) olhar os numerais dispostos na parte inferior da tela; 4) selecionar, por meio do clique do *mouse*, aquele que correspondesse à quantidade de pássaros.

Caso o participante selecionasse o estímulo de comparação que respondesse corretamente ao estímulo modelo apresentado, tinha como consequência imediata o surgimento de faíscas coloridas na tela, acompanhadas de um som festivo, e, em seguida, uma nova tentativa era disponibilizada. Se a resposta estivesse incorreta, tinha como consequência imediata uma leve movimentação da linha de estímulos comparação, acrescida de um breve som, e o participante poderia escolher mais 2 estímulos de comparação. Se após estas duas tentativas o participante não obtivesse êxito, a resposta correta era apresentada com a contagem dos pássaros e o estímulo de comparação correto apresentado na cor verde, de modo que uma nova atividade (mudava o número de pássaros na gaiola) era disponibilizada ao participante (Figura 17).

Figura 17

Consequências à resposta apresentada pelo participante na tarefa 2 – Contagem



Extraído *print* da plataforma Matific: <https://www.matific.com/>.

No total, foram apresentados cinco estímulos modelos para cada participante. Os estímulos modelos foram apresentados de forma randomizada para cada estudante, sendo os estímulos de comparação um total de 10 fixos, conforme a Tabela 7. O tempo total concedido a cada participante para a realização da atividade foi de 10 (dez) minutos²³.

Tabela 7

Descrição dos estímulos modelos por participante da tarefa 2 – Contagem

Participante	Estímulo 1	Estímulo 2	Estímulo 3	Estímulo 4	Estímulo 5
C1	1 elemento	7 elementos	5 elementos	8 elementos	10 elementos
C2	1 elemento	4 elementos	9 elementos	10 elementos	8 elementos
C3	4 elementos	5 elementos	8 elementos	5 elementos	7 elementos
C4	3 elementos	5 elementos	7 elementos	10 elementos	8 elementos

Em ambas as tarefas, atingido o tempo máximo de execução, independentemente da conclusão das mesmas pelo participante ou não, a atividade se encerrava, fechando a tela do jogo. E uma nova tela, surgia que possibilitava salvar os dados do rastreamento ocular, os quais eram registrados na plataforma *RealEye* por meio de vídeo e, também, em arquivo “csv”, para posterior análise e tratamento. Com o tratamento dos arquivos “csv” e os vídeos, foi possível alinhar com o conjunto de dados.

²³ Trata-se de uma condição apresentada pelo próprio jogo, não possibilitando modificação.

Equipamento

Para a coleta de dados, foi utilizado um *laptop* com processador *Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz 1.99 GHz*, com *web cam full hd* integrada e sistema operacional *Windows 11 Home Single Language*, como *hardware* de rastreamento ocular, e a plataforma *on-line RealEye.io*, para gerenciar o experimento e adquirir dados de comportamento do olhar.

O *RealEye.io* é uma ferramenta *on-line* de rastreamento ocular que utiliza um *laptop* comum para executar uma rede neural – AI que analisa as imagens capturadas pela *webcam*. A AI detecta o rosto e as pupilas do participante e prevê um ponto de olhar, tudo em tempo real. Os dados obtidos são armazenados na própria plataforma, em formato “csv”, e permitem a elaboração de gráficos, mapas de calor, fixações e vídeos. Esta tecnologia tem sido utilizada como uma alternativa para estudos envolvendo rastreamento ocular em diferentes áreas do conhecimento, por apresentar menores custos do que os equipamentos infravermelhos tradicionais e pela eficácia na coleta e produção de dados em tempo real (Federico & Brandimonte, 2019; Federico et al., 2021).

Para garantir a acurácia dos resultados, foram seguidas as recomendações do desenvolvedor: a) manter o *laptop* sobre uma mesa fixa, assegurando que não houvesse movimentações do equipamento; b) posicionar os participantes a uma distância de 50 a 60 centímetros da *webcam*; c) assegurar que o rosto do participante estivesse bem iluminado e visível na *webcam*. Foram selecionados participantes que não faziam uso de óculos, para evitar limitação na visibilidade do mesmo pela *webcam*. Também foi solicitado aos participantes que não realizassem movimentos bruscos com a cabeça, tentando mantê-la o mais imóvel possível, para que não houvesse intercorrências durante a realização da atividade.

Foram observadas, ainda, as recomendações referentes aos requisitos de *software* e *hardware* solicitados pelo desenvolvedor²⁴. Com estes cuidados, de acordo com o desenvolvedor, a precisão média chega a 100 px.

²⁴ Navegador Google Chrome ou Microsoft Edge atualizado. O Firefox NÃO é recomendado. Windows 10 ou macOS X atualizado. Processador Intel de 4 núcleos, 3 GHz ou mais rápido, 5ª geração ou superior. Se estiver usando um laptop, ele deve ser conectado ao cabo de alimentação. 8 GB de RAM com pelo menos 4 GB de memória disponível (não utilizada). Placa gráfica DirectX 12 com drivers atualizados. Intel Graphics integrado (gen. 5 ou posterior). Velocidade de ligação à Internet 20 Mbps, 5 Mbps (especialmente para testes de sites ao vivo, pode ser menor para testes de imagem/vídeo).

Procedimentos

Para a realização de cada uma das sessões, os participantes eram recepcionados pela pesquisadora e conduzidos ao ambiente experimental. No total, cada participante realizou cinco sessões de 30 minutos cada, sendo as três primeiras preparatórias para a coleta de dados com uso do rastreador ocular, e nas duas últimas foram realizados os experimentos de captura do movimento ocular. As sessões se deram de forma individualizada.

Na primeira sessão, a pesquisadora forneceu informações básicas aos participantes, explicando seus objetivos e a forma como seria realizado o experimento, colheu a assinatura deles no TALE e buscou estabelecer laços de confiança. Na segunda sessão, a fim de avaliar a capacidade dos participantes em compreender ordens simples e manipular o *mouse*, bem como olhar e interagir com a IGU do JED, foram realizadas tarefas de memorização (jogo da memória) e pareamento. Na terceira sessão a pesquisadora aplicou o instrumento PRAHM, a fim de avaliar o repertório de entrada matemático dos participantes. Na quarta e quinta sessões foram realizados os experimentos de rastreamento ocular.

As sessões relativas ao rastreamento ocular, assim como as demais, assim como as demais, tiveram 30 minutos de duração, abrangendo a calibração do equipamento, orientações gerais e a realização da atividade.

Para captura dos movimentos oculares, os participantes foram posicionados pela pesquisadora em uma cadeira postada à frente da mesa em que se encontrava o *laptop*, a uma distância de 60 cm, com iluminação artificial superior e frontal, de modo a assegurar a iluminação completa de suas faces, visando uma melhor captura dos dados. Após o posicionamento, a pesquisadora explicou para o participante os procedimentos necessários e deu início à calibração do equipamento.

Tendo em vista que o processo de calibração era bastante extenso – uma vez que os participantes deveriam, primeiramente, arrastar o cursor do *mouse* sobre um ponto vermelho que aparecia sequencialmente em 40 partes da tela sobre 3 *backgrounds*, com diferentes tonalidades de cores (branco, preto e cinza) e, posteriormente, fixar o seu olhar sobre 4 pontos vermelhos, que apareciam simultaneamente na tela, até que eles “estourassem”. Assim como realizado no capítulo 3 a pesquisadora criou uma história de que o ponto vermelho estava fugindo do participante e ele deveria capturá-lo, a fim de manter seu interesse e evitar que o participante desviasse o olhar da tela, o que poderia impossibilitar a calibragem do equipamento.

O tempo despendido para calibração do equipamento para cada um dos participantes encontra-se descrito na Tabela 8.

Tabela 8

Tempo de calibração do equipamento por participante

Participante	Tempo de calibração
C1	08:30
C2	05:27
C3	07:00
C4	09:35

Conforme já destacado no capítulo 3, se houvesse desvio do olhar pelo participante, a calibragem automática era solicitada pelo sistema e se esta não fosse possível no intervalo de tempo de 30 segundos, a gravação era encerrada e uma nova calibragem completa deveria ser realizada²⁵.

Finalizada a calibração, a pesquisadora apresentou, oralmente, instruções gerais sobre a atividade, que consistia nas seguintes orientações:

- a) Solicitar que o participante observasse a tela efetuasse contagem das figuras (tarefa1) pássaros (tarefa2) aparecem nela;
- b) Em seguida dizer em voz alta quantas figuras (tarefa1) pássaros (tarefa2) identificou;
- c) Buscar na tela o numeral correspondente a quantidade de figuras (tarefa1) pássaros (tarefa2);
- d) Direcionar o cursor do *mouse* até o numeral e clicar no mesmo.

Após as orientações iniciais, a pesquisadora solicitava ao participante que desse início à tarefa. Tendo em vista que um dos requisitos para que o JED voltado para o ensino da matemática contribua positivamente para a aprendizagem desta disciplina é que a IGU seja intuitiva, permitindo ao estudante compreender os objetivos e conteúdos apresentados (Cybus, 2010) a pesquisadora optou por não fornecer nenhum tipo de apoio, deixando que os participantes realizassem a tarefa de forma livre. Apoios somente seriam realizados se estritamente necessários.

²⁵ Trata-se de uma condição estabelecida pelo próprio programa de rastreamento ocular.

Além das explicações da pesquisadora, a tarefa 1 continha um tutorial inicial que apresentava ao estudante a forma com que deveria realizar a atividade, já a tarefa 2 era dotada de uma instrução verbal sobre o objetivo da tarefa, a qual poderia ser acessada a qualquer momento mediante o clique no ícone correspondente a uma sombra de uma face humana e sinais de emissão de sons.

Cada participante poderia realizar a tarefa apresentada no tempo máximo de 10 minutos. Esse tempo foi estabelecido pela pesquisadora. Findo o tempo, concluída ou não em sua integralidade, a tarefa era encerrada, os dados salvos e o participante era levado até o pai/responsável na recepção da instituição.

Todas as sessões se deram de forma individualizada, sendo que a pesquisadora, a fim de evitar qualquer interferência na gravação dos dados, posicionou em uma cadeira ao lado do estudante e um pouco atrás deste, para que pudesse observar a realização da tarefa. Os dados brutos foram salvos no formato “cvs” e, também, por meio de vídeos, posteriormente, analisados, possibilitando obter as métricas de rastreo ocular, bem como tempo de calibragem e necessidade de recalibragem.

O processo de análise dos dados coletados por meio da plataforma Real Eye se deu seguindo as seguintes etapas: a) os dados foram recebidos da plataforma Real Eye, que registra os pontos de fixação ocular; b) os dados passaram por um processo de formatação para se adequar ao formato exigido pelo algoritmo de análise (trata-se de procedimento estrutural que não altera os valores dos dados); c) foram geradas as fixações oculares, nas quais os pontos de fixação foram agrupados com base em sua proximidade temporal e espacial. Um ponto central foi definido como o início de uma fixação, e quaisquer pontos subsequentes que se enquadrassem em determinado espaço ao redor desse ponto (um quadrado de 200 pixels de lado) foram considerados parte da mesma fixação desde que estivessem dentro de um tempo limite (100 milissegundos).

Uma vez geradas as fixações foi efetuado o cálculo do tempo total de cada fixação. Fixações que não atendiam ao tempo mínimo aqui considerado como sendo 100 milissegundos eram excluídas. Os dados obtidos foram catalogados por participante em uma tabela elaborada no excel.

Com base nos dados das fixações foram gerados os gráficos de heatmaps. Para tanto foram utilizados como entrada os pontos de fixações oculares, incluindo as informações sobre o tempo de permanência em cada ponto. Os mapas de calor foram gerados sobre uma área de exibição contando com uma imagem de fundo (frame da atividade realizada).

Além dos dados obtidos por meio do rastreamento ocular foram utilizadas também as falas dos participantes para realizar a análise dos resultados, as quais foram registradas pela pesquisadora no caderno de pesquisa ao longo da realização de cada uma das sessões com os participantes.

Resultados

Por meio dos dados obtidos com o rastreio ocular dos participantes, optou-se por analisar as seguintes métricas: número de acertos e erros na execução das tarefas, tempo de realização, tempo e duração de fixações, sendo realizada uma análise qualitativa com relação a estas últimas por meio da análise dos mapas de calor.

A tabela 9 apresenta o tempo gasto pelos participantes para execução de cada uma das tarefas, bem como o quantitativo de erros e acertos e estímulos que necessitou de auxílio.

Verifica-se que somente o participante C1 conseguiu realizar as tarefas com autonomia (sem qualquer tipo de auxílio por parte da pesquisadora). Os demais participantes (C2, C3 e C4) necessitaram, para realização da tarefa 2 de dica verbal (a pesquisadora falou qual era o estímulo modelo – pássaros na caixa) e visual (a pesquisadora apontou com o dedo na tela o estímulo modelo – pássaros na caixa). E, mesmo com as dicas verbal e visual, o participante C3 não conseguiu realizar a tarefa 2 com sucesso (errou todas as tentativas). A resolução das tarefas se deu dentro do tempo proposto, sendo importante frisar que a tarefa 2 ofertava ao participante a possibilidade de escolher o estímulo correto por três vezes; após este número de tentativas, apresentava a resposta correta e trazia um novo estímulo modelo. E mais: trazia um bloco de cinco tentativas, razão pela qual seu tempo não atingiu o limite de 10 minutos concedidos pela pesquisadora.

Tabela 9

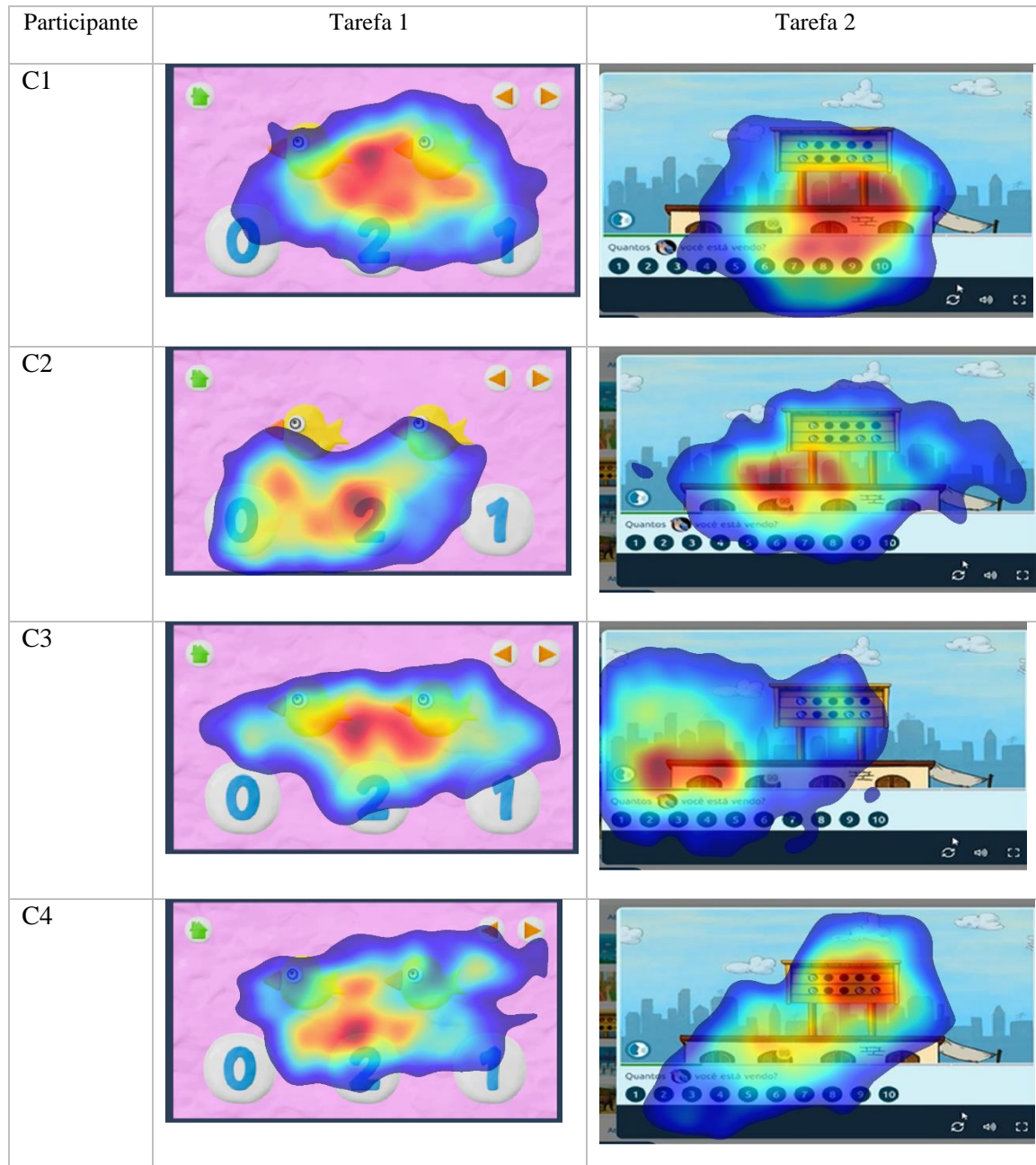
Tempo de execução das tarefas/quantitativo de acertos e erros

Métrica	T1	C1		C2		C3		C4	
		T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
T. de execução	00:04:10	00:06:01	00:08:49	00:04:28	00:08:40	00:06:36	00:04:15	00:06:28	
Acertos	10	5	8	1	6	0	10	3	
Erros	0	0	2	4	4	5	0	2	
Auxílio	0	0	0	4	0	4	0	4	

A partir do número e duração de fixações dos participantes foram elaborados os mapas de calor dos participantes quando da realização de cada uma das tarefas (Figura 18).

Figura 18

Mapa de calor comparativo dos participantes ao realizarem as tarefas 1 e 2



Os mapas de calor trazem indícios importantes sobre as áreas de atenção do participante que influenciam no seu desempenho, com indicativos sobre a adequação ou não da atividade. Isto porque permitem investigar o processamento visual das informações contidas na IGU de cada tarefa, bem como a distribuição da atenção visual dos participantes. O vermelho representa os pontos de maior atenção dos participantes, seguido pelo amarelo (cores quentes) e, posteriormente, verde e azul (cores frias). Sendo que essa última representa a área de menor atenção. A escolha por realizar uma análise descritiva dos mapas de calor se deu por esta

possibilitar verificar a concentração das fixações, ou seja, onde a retina se estabilizou, sendo este um indicativo de local de interesse (Duchowski (2007)).

Discussão

Este capítulo buscou verificar como o desenho da interface gráfica de jogos educacionais digitais voltados para o ensino da matemática pode afetar o desempenho de estudantes com TEA no desenvolvimento de atividades de contagem. Nortearam os estudos as seguintes questões: A complexidade do desenho da interface gráfica de JEDs pode interferir no desempenho das crianças com TEA quando da interação com estes? Como os JEDs podem contribuir para a perpetuação da síndrome do diagnóstico?

Como destacado no capítulo introdutório, a produção de *softwares* e aplicativos voltados para o estudo de pessoas com TEA apresenta-se cada vez mais frequente, todavia, pouco se sabe sobre o processo de elaboração destes produtos em especial com relação ao desenho de sua interface gráfica. Isto porque os usuários destes recursos nem sempre são dotados de conhecimentos que permitam analisar de forma crítica questões cruciais sobre a IGU.

Na maioria das vezes, pais, educadores e terapeutas pautam suas escolhas no prospecto apresentado pelos desenvolvedores. Plataformas comercializadas como direcionadas para a aprendizagem e desenvolvidas por especialistas tendem a ser mais atrativas ao grande público do que aquelas que assim não se denominam. Isto porque paira no pensamento popular a ideia de que plataformas especializadas são dotadas de recursos que irão assegurar a aprendizagem dos estudantes. Mas será que na realidade estas plataformas são realmente mais eficazes do que outras?

Buscando respostas a este questionamento, optou-se neste estudo por testar junto aos participantes, um jogo disponibilizado por um site gratuito na internet e outro por uma plataforma paga utilizada por muitos professores, terapeutas, inclusive disponibilizado e utilizado nas escolas do município em que a pesquisa foi realizada para fomentar a educação matemática nos primeiros anos do ensino fundamental.

Como destacado acima, os jogos continham o mesmo conteúdo matemático e tipo de exercício, diferindo, tão somente no desenho de sua interface gráfica (o desenho aqui compreende todos os elementos que compõem a IGU - figuras, ícones, tutoriais, etc.).

O primeiro passo para avaliar a eficácia ou não destes recursos em termos de acessibilidade da interface gráfica se deu pela avaliação realizada pelos juízes com base nas diretrizes GAIA. Os resultados apresentados demonstram que a interface do jogo

disponibilizada no site não especializado (tarefa 1) atendia a um número maior de recomendações de acessibilidade do que àquele desenvolvido por especialistas (tarefa 2).

A acessibilidade tem como objetivo garantir que o usuário não encontre ou encontre o menor número de barreiras possíveis quando de sua interação com um determinado recurso tecnológico. Isso porque quanto mais acessível for um *software* ou aplicativo maiores serão as chances de alcançar sucesso na interação com ele.

Retomando os dados apresentados na tabela 9 verifica-se que o número de acertos é superior na tarefa 1. Também se percebe que os participantes não necessitaram de auxílio ou qualquer tipo de dica da pesquisadora para realizar a tarefa 1, enquanto na tarefa 2, com exceção do participante C1, necessitaram de auxílio. Ainda de acordo com dados da tabela 9, da pontuação máxima possível de 10 acertos para a tarefa 1, a média foi de 8,5, enquanto na tarefa 2, da pontuação máxima de 5 acertos possíveis, a média foi de 2,25. Tendo em vista, ainda, que os participantes C2 e C4 só conseguiram realizar a escolha do estímulo modelo correto com o auxílio da pesquisadora, por meio de dicas verbais e visuais e C3 não conseguiu obter sucesso nem mesmo com este auxílio. Esses resultados trazem indícios de que a tarefa 2 não apresentava uma interface amigável.

Tendo em vista que ambas as atividades abordaram o mesmo conteúdo e tinham os mesmos objetivos (contar os elementos e identificar o numeral correspondente a quantidade correta destes) a diferença significativa encontrada com relação ao número de acertos e erros dos participantes pode estar ligada ao desenho da IGU. Isso porque os participantes não foram capazes de realizar com autonomia as tarefas propostas na atividade 2 e tiveram dificuldade em compreender visualmente o conteúdo nela disposto. A IGU dessa tarefa contava com excesso de elementos secundários (nuvens voando, casas estáticas, janelas, toldo), bem como a disposição mal projetada do estímulo modelo, que não estava visível ao participante, exigiam um esforço maior para sua localização. Aliado a isso, havia a presença de um pássaro no menu de estímulos de comparação e instrução, o que dificultou a compreensão visual da interface, fazendo com que o estudante, mesmo possuindo repertório para realizar a atividade, não conseguisse cumprir a atividade proposta.

Quando o participante consegue realizar a tarefa com autonomia e, atinge um número alto de acertos, pode-se dizer que ele conseguiu obter sucesso na realização da tarefa. Já quando ele não consegue concluir a atividade nem mesmo com auxílio, diz-se que não obteve sucesso. O número de acertos e erros entre os participantes nas diferentes tarefas, mostraram que o desenho da IGU pode influenciar na forma com que o estudante percebe visualmente o conteúdo por ela apresentado e compreenda seus objetivos, influenciando no seu desempenho.

Esses dados corroboram com os apontamentos da literatura de que a forma com que a IGU é projetada pode contribuir para o sucesso ou fracasso dos estudantes nas tarefas escolares quando utilizados os JEDs como recursos pedagógicos (Cybus, 2010; Pavlov, 2014). Isto porque o modo com que os elementos da IGU são disponibilizados, sua quantidade, formas e tamanhos interferem na experiência e engajamento do usuário (Andrade et al, 2021; Peters, 2013).

Importante se faz destacar que a quantidade repetida de erros e a dificuldade em obter identificar visualmente os elementos da tarefa, influenciaram no engajamento dos participantes, o que pode ser percebido pela emissão de falas como: “Este jogo é chato” (C2); “Não quero brincar com esse não” (C4); e, também, comportamentos como paralização do olhar em um único ponto da tela por um longo período de tempo (C3), clicar em qualquer número somente para terminar logo (C3).

Essa diferença significativa no desempenho dos participantes em ambas as tarefas podem ser atribuídos a alguns fatores do desenho da IGU que especialistas consideram importantes, principalmente para jogos desenvolvidos para o ensino da matemática, como presença de tutorias e dicas, restrição focada (foca e restringe a atenção do estudante em objetos e processos matemáticos), precisão eficiente (contém representações precisas que permitem o uso preciso e eficiente) e motivação (motivam os estudantes a persistir em tarefas matemáticas) (Moyer-Packenham et al (2019)

Outros dados que permitem relacionar o melhor ou o pior desempenho dos participantes com o desenho da IGU são as fixações que direcionaram a geração dos mapas de calor descritos na Figura 19 trazida anteriormente. Quanto as fixações, a literatura sobre estudos de busca visual apontam que estas revelam as estratégias perceptivas utilizadas pelo usuário quando da interação com um determinado jogo. Pesquisadores que se dedicam aos estudos de rastreamento ocular destacam que o número de fixações está associado ao processamento da informação e compreensão do que está sendo exposto ao usuário (Duchowski,2007; Rodrigues, 2001). As fixações possibilitam a geração de mapas de calor que são capazes de fornecer, por meio de imagens estáticas, dados individualizados dos participantes mostrando o número de fixações realizadas e o tempo de duração delas em cada área da IGU pelo participante. Mostrando as áreas mais visitadas por estes durante a execução das tarefas.

Ao analisar a figura 19 ilustra é possível observar que na tarefa 1 todos os participantes realizaram uma varredura visual em praticamente em todos os elementos da IGU, sendo que as áreas de maior interesse (representadas pelas cores vermelho e amarelo) foram aquelas onde encontravam-se os estímulos modelo e de comparação. Na tarefa 2 verifica-se a mesma varredura visual por todos os elementos da IGU, todavia as áreas de maior interesse dos

participantes foram: C1 (caixa de pássaros e numerais), C2 (espaço entre a caixa de pássaros e os numerais abaixo dela), C3 (casa embaixo da caixa de pássaros e edifícios ao fundo) C4 e (caixa de pássaros).

Esses resultados trazem indícios de que a tarefa 1 criou condições para que os participantes olhassem para o estímulo modelo, fossem capazes de identificar os estímulos de comparação e realizassem a atividade com autonomia. Por outro lado, a tarefa 2 não possibilitou o mesmo, sendo que só C1 foi capaz de identificar e realizar a tarefa sem erros e sem auxílio. E C3 não conseguiu êxito em nenhuma das tentativas, tendo apresentado 100% de erros na execução da tarefa.

Todos estes fatores vêm ao encontro do que diz a literatura sobre a importância de evitar interfaces complexas para o trabalho com pessoas com TEA, uma vez que, a maioria delas têm grande tendência em focar sua atenção nos elementos distratores, desviando seu foco atencional, o que acaba por fazer com que elas obtenham baixos desempenhos (Eraslan et al., 2018, 2020; Rezae et al., 2020; Yaneva et al., 2018).

A maior acessibilidade de JEDs voltados para o ensino da matemática além de possibilitar melhor interação do estudante com o conteúdo, cria condições para melhor manipulação do objeto de estudo possibilitando ao estudante pensar matematicamente (Goldenberg, 2000; Moyer-Packenham et al., 2019; Pea, 1987).

Desta forma, tem-se que os resultados obtidos neste estudo, ainda que não seja possível generalizar em virtude do número de participantes, traz indícios de que o desenho da IGU influencia no desempenho e engajamento de estudantes com TEA, uma vez que pode levar a uma maior ou pior interação e, conseqüentemente sucesso ou insucesso na execução das tarefas dispostas no JED, em especial quando aquelas voltadas ao aprendizado da matemática (Falloon, 2013; Packenham, et. al., 2019; Seo; Woo, 2010).

Por essa razão, ao escolher um determinado recurso os educadores, terapeutas e pais devem ter em mente não apenas o que dizem seus desenvolvedores, mas sim, o que o software ou aplicativo realmente oferece, principalmente em termos de acessibilidade.

Um comparativo, ainda que superficial, da IGU de ambas as tarefas utilizadas no presente estudo possibilita perceber que aquela desenvolvida por especialistas carece de muitos elementos de acessibilidade (cores que permitem diferenciar conteúdo ou informações, linguagem visual simples, possibilidade de customização com relação aos elementos da IGU, evitar a presença de elementos distratores, projeção de interfaces simples com poucos elementos, instruções claras) e outros elementos do *design* gráfico como restrição focada, precisão eficiente, motivação entre outros. Fato este que a torna pouco acessível, inviabilizando

uma boa interação do estudante com o conteúdo por ela projetado. Já tarefa 1 disponibilizada pelo site não especializado possui uma interface simples, com a presença de poucos elementos distratores, instruções claras, cores que permitem diferenciar conteúdos e informações, embora ainda careça de elementos de customização e possua vários anúncios publicitários, os quais podem ser evitados com a aplicação de uma extensão de bloqueadores de anúncios a ser baixada e aplicada no navegador.

Avaliar o JED sob um olhar crítico, pautado em evidências e recomendações que permitam assegurar uma maior acessibilidade é o grande passo a ser dado na busca pelo uso dos JEDs enquanto recursos promotores de uma educação matemática dinâmica e inclusiva. Para tanto, é preciso que pais, educadores e especialistas detenham conhecimentos, ainda que mínimos sobre o desenho e acessibilidade da IGU capazes de direcionar este processo de escolha. Daí a necessidade de popularizar a linguagem computacional por meio de trabalhos como o aqui apresentado a fim de oportunizar uma aproximação desta com o grande público e um melhor uso das tecnologias digitais na educação matemática.

O segundo questionamento do presente estudo leva a discutir os riscos da ausência de uma análise crítica de pais, educadores e terapeutas acerca da potencialidade e a acessibilidade dos JEDs.

Conforme já destacado, a tarefa 2 está disponível em uma plataforma utilizada por muitas escolas e educadores matemáticos, uma vez que tida como recurso de grande valia para assegurar uma aprendizagem matemática mais dinâmica.

Comprando esta ideia e sem possuir conhecimentos sobre a acessibilidade da IGU, muitos educadores levam para sala de aula softwares e aplicativos como estes, acreditando estar seguindo as determinações da BNCC e outras diretrizes educacionais.

Em que pese a existência de vários estudos falando sobre a eficácia do uso de JED no ensino da matemática, inclusive para a aprendizagem de estudantes com TEA. Não é qualquer recurso que apresenta esta eficácia.

Isto porque uma IGU mal projetada ou com um desenho que não contemple a acessibilidade para diferentes perfis cognitivos podem condicionar ao fracasso do estudante quando da interação com ele, fazendo com que paira sobre ele uma sombra de incapacidade, principalmente em se tratando de estudante com TEA, sobre quem paira o que Souza (2019) denominou de Síndrome do Diagnóstico.

De acordo com Souza (2019) esta “síndrome” é muito comum no ambiente escolar e revela-se por meio de atitudes e concepções que colocam o diagnóstico à frente da pessoa. Ou seja, o indivíduo com TEA deixa de ser considerado como sujeito e passa a ser visto apenas

como uma série de déficits, falhas e ausências, enunciadas em um emaranhado de critérios que desconsideram sua humanidade, suas perspectivas e a própria capacidade de transformação.

Esta “síndrome” dentro do ambiente escolar tem como fundamentos os estereótipos constituídos acerca da pessoa com TEA, que muitas vezes é vista como alguém incapaz de aprender, sendo-lhe negado o direito de ter acesso às mesmas atividades que seus pares pelo simples fato de estar dentro do espectro.

Quando se leva para a sala de aula um JED que possui uma IGU com pouca acessibilidade este, ao invés de facilitar a aprendizagem, pode interferir negativamente no desempenho do estudante na realização das atividades propostas e, conseqüentemente na forma com que este é visto pelo professor. Quando a criança com TEA não consegue realizar uma atividade trazida por um JED, por exemplo, este baixo desempenho, reflete-se na incapacidade deste de aprender. Ou seja, o que se faz é transferir a culpa desta dificuldade para o estudante em virtude de sua condição biológica.

No presente estudo, viu-se que a IGU pode tornar-se um desses fatores de perpetuação da síndrome do diagnóstico que gera microexclusões do estudante com TEA nas aulas de matemática. Se não houvesse esse olhar crítico sobre a interface e se fosse a plataforma com baixa acessibilidade o único recurso que o educador matemático dispusesse para trabalhar, os resultados dos participantes se apresentariam como uma incapacidade deles. Ou seja, ele estaria mascarando uma falsa inaptidão em virtude de uma visão distorcida e historicamente construída de incapacidade das pessoas com TEA.

Estes fatos gerariam prejuízos substanciais na forma com que os JEDs seriam disponibilizados a estes estudantes, podendo inclusive impossibilitar o seu uso com este público, pois ter-se-ia a falsa impressão de que os estudantes são incapazes de realizar as atividades.

Assim, a análise crítica da IGU de JEDs voltados para a educação matemática, pode reduzir as manifestações da Síndrome do Diagnóstico, uma vez que possibilitam compreender a adequação ou não desse recursos aos diferentes perfis cognitivos, retirando das pessoas com TEA o peso da incapacidade trazida pelo perfil médico.

Considerações Finais

Os resultados obtidos pelo estudo apresentado neste capítulo nos trazem dados importantes sobre o uso dos jogos digitais no ensino da matemática para estudantes com

autismo, revelando os cuidados que educadores, pais, terapeutas entre outros devem ter ao escolher um determinado jogo digital. Isto porque o desenho do jogo e a forma com que os conteúdos são dispostos, podem interferir negativamente no desempenho dos estudantes.

O baixo desempenho advindo da oferta de condições de ensino inadequadas pode levar à perpetuação da Síndrome do Diagnóstico e, conseqüentemente, das microexclusões do estudante com TEA.

Faustino et al (2018, p.900) destaca micorexclusões como “práticas sutis, realizadas de forma consciente ou não, que tendem a ‘isolar’ o indivíduo em determinado ambiente, na maioria das vezes considerado inclusivo, apresentando-se como um obstáculo para seu desenvolvimento humano”.

Estas práticas podem gerar obstáculos para que o desenvolvimento de habilidades acadêmicas dos estudantes com TEA, pois, muitas vezes, apoiadas na síndrome do diagnóstico fazem com que estes sejam invisibilizados no ambiente escolar. Em especial no ensino da matemática que é visto por muitos como sendo uma disciplina dedicada apenas a “mentes brilhantes”. Assim, um recurso que deveria promover uma educação matemática mais dinâmica e conectada com a vida cotidiana pode tornar-se fonte de exclusão.

Discussões como estas ainda se encontram em fase inicial, principalmente quando se busca evidências empíricas para ancorá-las, apesar de sua fundamental importância, principalmente quando se busca promover uma matemática realmente inclusiva.

Deste modo, indica-se que novos estudos fundamentados em rastreamento ocular ou outras metodologias que permitam avaliar a influências da IGU dos JEDs voltados para o ensino da matemática sejam realizadas, envolvendo, inclusive, pessoas com TEA que frequentam outras etapas de escolarização.

Outro ponto para futuras pesquisas é a elaboração de diretrizes de acessibilidades, pautadas no desenho universal, que visem tornar o desenho da IGU de JEDs voltados para o ensino da matemática acessíveis a estudantes de diferentes perfis cognitivos, sem fazer exclusão em virtude da condição biológica por eles apresentada com linguagem mais acessível ao grande público e indicações de como utilizá-las para avaliar estes *softwares* e aplicativos.

TODO FIM É UM NOVO COMEÇO – PALAVRAS FINAIS

Importante não é ver o que ninguém nunca viu, mas sim pensar o que ninguém nunca pensou sobre algo que todo mundo vê.

Arthur Schopenhauer

Quando me engajei na escrita dessa tese jamais tive em mente “inventar a pólvora”, mas sim pensar nela de uma forma diferente, buscando aquilo que, embora aparente aos olhos, jamais foi visto como eu vi, pensado como eu pensei e a partir daí busquei inspiração para falar sobre uma temática que é muito importante, mas pouco explorada. Um tema que, embora envolva diversos campos do conhecimento não recebe o entrelaçamento deles, fazendo com que seja pouco explorado dentro de uma visão multidisciplinar.

Amante da tecnologia que sou, gosto de explorar os desafios que ela oferece e me engajar em discussões sobre o uso desses recursos, seu processo de produção e o quanto podem contribuir para a aprendizagem. Pensar em quais fatores analisar, saber qual a tecnologia adotar e como criar sistemas bem estruturados e acessíveis são alguns dos meus questionamentos. Entretanto, tenho que reconhecer que aspectos técnicos são apenas uma ínfima parte do desafio.

Refletir tecnologia e sua importância na aprendizagem perpassa por fatores que vão além do tecnicismo, ele permeia o fazer pedagógico que exige um olhar humanizado para o estudante. Pensar em cada estudante como ser único, dotado de singularidades que devem ser contempladas e respeitadas pela escola que tem como premissa promover uma educação para todos é fundamental.

Assim, é crucial que a discussão aqui formulada tenha em mente o estudante como centro de todo o trabalho pedagógico, para quem a tecnologia deve servir como instrumento de crescimento e não estagnação. Até porque os poucos estudos existentes sobre acessibilidade de recursos tecnológicos e pessoas com TEA limitam-se a análise de aspectos técnicos.

Minha intenção ao escrever a presente tese foi contribuir para o preenchimento do *gap* existente na literatura no que diz respeito à influência da interface gráfica no processo de aprendizagem matemática de crianças com TEA em interação com jogos educacionais digitais. Em momento algum tive como propósito criar uma fórmula ou trazer respostas prontas, mas sim, traçar discussões capazes de impulsionar uma reflexão crítica do uso da tecnologia no processo de aprendizagem matemática de estudantes com TEA.

Partindo de minha experiência enquanto professora e, também, pesquisadora, busquei ir além da observação e outras técnicas tradicionais de pesquisa como questionários, entrevistas,

vislumbrando o olhar dos participantes e o que estes são capazes de revelar. Sob esta premissa optei por desenvolver o rastreo ocular que se trata de uma metodologia que é amplamente utilizada em estudos envolvendo pessoas com TEA, mas pouco utilizada em estudos que contemplem a aprendizagem destes, especialmente no que diz respeito ao ensino da matemática.

Apesar das dificuldades enfrentadas para a utilização deste recurso e que foram descritas nas palavras iniciais desta tese, posso afirmar que se tratou de uma metodologia de grande valia para que pudesse alcançar aos objetivos aqui propostos. Isso porque possibilitou a obtenção de métricas importantes para fosse possível compreender os fatores da interface e seu desenho que influenciaram a interação dos participantes com o jogo e que possibilitaram responder às hipóteses levantadas no início dos trabalhos, bem como atingir aos objetivos específicos que se se constituíram em cada um dos estudos desenvolvidos ao longo desta tese e que se encontram descritos a seguir:

a) Analisar a relação entre desenho da interface gráfica e sua influência na aprendizagem matemática;

b) Discutir a importância da acessibilidade de jogos digitais voltados para a aprendizagem;

c) Avaliar como o desenho da interface gráfica de jogos matemáticos disponibilizados na *web* influencia na atenção (capacidade de concluir acertadamente tarefas de matemática com autonomia) e engajamento (olhar para a tela e compreender visualmente seus elementos, não desviar seu olhar da interface gráfica e identificar os elementos da tarefa) de crianças com autismo e sem autismo;

d) Discutir como o desenho da interface gráfica pode tornar-se um preditor de fracasso e exclusão de crianças com TEA.

Os resultados apresentados neste estudo trouxeram indícios promissores de que a condição biológica do estudante com TEA não influencia no seu desenvolvimento acadêmico quando a ele são ofertadas atividades que contemplam um desenho mais universal e acessível. Tal fato é de grande relevância para discutirmos a promoção de uma educação realmente inclusiva na qual os estudantes com TEA recebem as mesmas oportunidades do que estudantes que não se encontram no espectro. Já que promover uma educação inclusiva é garantir a todos oportunidades reais de desenvolver suas habilidades e competências.

Confesso que alguns resultados como os obtidos no capítulo 3 me surpreenderam positivamente e trouxeram novas perspectivas de pesquisas que irão compor trabalhos futuros, pois trouxeram evidências de que crianças com e sem TEA apresentam percepção visual semelhantes dos elementos da interface. O que leva a questionamentos sobre a necessidade ou

não de diretrizes de acessibilidade específicas para estudantes com TEA ou se o desenho universal compreenderia os objetivos a que estas se propõem.

Outro aspecto de grande relevância e, ainda vinculado aos estudos de rastreamento ocular, é a concepção do sucesso ou insucesso não com base no estudante, mas na condição de ensino que a ele está sendo ofertada. Verificamos por meio dos dados do estudo do capítulo 4 que um recurso didático mal projetado e com baixa acessibilidade pode reforçar o estigma de incapacidade que acompanha os estudantes com TEA. Daí a fundamental importância de se discutir a questão da acessibilidade e desenhos dos JEDs que têm sido cada vez mais utilizados por pais, professores e terapeutas na busca por promover intervenções que visam contribuir para o desenvolvimento acadêmico de estudantes com TEA.

Levar para o ambiente escolar, terapêutico ou até mesmo domiciliar um recurso que apresente barreiras de interação pode representar um grande malefício para o estudante com TEA. Isto porque estas barreiras podem dificultar a interação da criança com o JED podendo fazer com que professores, pais e terapeutas vejam o estudante como incapaz, uma vez que não consegue realizar a tarefa.

A falta de conhecimento técnico para permear o processo de escolha do JED por pais, professores e terapeutas, a falta de conhecimento pedagógico e das singularidades das pessoas com TEA pelos desenvolvedores de *softwares* e resultados de insucesso na execução de jogos com baixa acessibilidade e desenho complexo são fatores que entrelaçados tornam-se campo fértil para a propagação da síndrome do diagnóstico. Em especial no ambiente escolar onde, muitas vezes, o estudante com TEA já é recebido como alguém incapaz.

Valer-se de uma tecnologia inadequada torna-se tão maléfico quanto não ofertar ao estudante nenhum tipo de atividade. Isso porque quando o recurso tecnológico é inadequado ele traz barreiras para o estudante que não consegue realizar a interação com o objeto de aprendizagem, no caso do presente estuda os conceitos matemáticos. Essa incapacidade de realizar uma atividade inadequada faz com que o estudante com TEA seja visto como incapaz de aprender e, portanto, que não merece muita atenção dentro do processo de aprendizagem, sendo que a escola para ele pode tornar-se apenas um espaço de convivência, ou até mesmo de não convivência, pois atividades inadequadas podem gerar comportamentos inadequados que acabam sendo interpretados como falta de capacidade de conviver em grupo. Assim, a criança com TEA se exposta a JEDs com baixa acessibilidade pode correr o risco de ser excluída do processo de aprendizagem e até mesma do próprio convívio com os demais estudantes, o que passa a fazer do ambiente escolar um *locus* de exclusão.

Neste sentido e tendo em vista a avalanche de jogos educacionais presentes no mercado e, também, nas escolas, nas clínicas e nas casas das crianças com TEA estudos como este que discutem a relação entre a interface gráfica e seu desenho no desempenho de crianças com TEA é fundamental. Isto porque possibilitam uma análise crítica das condições de ensino buscando romper com visões estereotipadas e assegurar a busca pela promoção e uma educação matemática realmente inclusiva.

Sob este aspecto, a presente tese tem um caráter inédito. Até o que se tem conhecimento por meio dos estudos bibliográficos realizados é o primeiro estudo que analisa a influência da interface gráfica no processo de aprendizagem matemática de estudantes com TEA, por meio do rastreamento ocular.

Trata-se de um estudo de grande relevância para diversos campos do conhecimento: a) para a psicologia, por permitir analisar as variantes que interferem no processo de aprendizagem de estudantes com TEA quando em interação com recursos tecnológico; b) para a pedagogia, pois traz subsídios importantes para que os professores possam ampliar seus conhecimentos e estar melhor integrados com a linguagem computacional e assim, analisar criticamente os JEDs dos quais lança mão na condução de sua prática pedagógica; c) para a computação, pois amplia a visão dos desenvolvedores de JEDs colocando-os em contato com aspectos diferenciados que devem ser analisados e remete a uma reflexão sobre o desenho universal e sua viabilidade; d) para os pais e terapeutas que, assim, como os professores podem aprofundar seus conhecimentos sobre acessibilidade e as possibilidades e perigos relacionados ao uso de JEDs, principalmente revelando a importância de um processo de escolha crítico dos mesmos e levando em conta as singularidades das pessoas com TEA; e) para a sociedade como um todo por reforçar o debate sobre a inclusão e as armadilhas que podem fazer com que recursos defendidos como inclusivos se tornem objeto de microexclusões, destacando, a importância de romper com o modelo médico de deficiência.

Destaco, ainda, a importância de fazer com que os professores de matemática possam rever suas práticas, crenças e percepções no que diz respeito às potencialidades dos estudantes com TEA. Já que muitas vezes estes estudantes são colocados à margem desta disciplina que, ainda hoje, é considerada como sendo para poucos.

Além disso, a tese visa desconstruir a visão de que a condição biológica do sujeito é fator determinante para o seu sucesso ou insucesso no ambiente escolar, mostrando o quanto as condições de ensino podem gerar falsas percepções que acabam por reforçar preconceitos e exclusões. O que contribui para que práticas excludentes, ainda que veladas, ocorram dentro de um ambiente que deveria ser considerado inclusivo.

Uma das limitações encontradas por este estudo diz respeito ao número de participantes. Por ter sido realizado em meio ao retorno de um contexto pandêmico em que as pessoas ainda se encontravam bastante receosas com o contato físico o estudo se deu junto a um grupo pequeno impossibilitando a generalização dos resultados. Assim, indica-se que estudos futuros envolvam mais participantes a fim de generalizar os resultados aqui encontrados.

Estudos futuros também podem aprofundar com relação a outras métricas do rastreamento ocular e técnicas de neurociências que permitam avaliar o esforço cognitivo empregado pelos estudantes quando da interação com *softwares* com interfaces complexas e simples. Além de ampliarem as discussões aqui iniciadas estas técnicas possibilitarão novos dados possibilitando também uma reflexão sobre a motivação dos estudantes.

Tendo em vista os ensaios realizados, estudos futuros também podem se propor a elaboração de diretrizes para a construção e avaliação de JEDs voltados para o ensino da matemática com vistas no desenho universal. Isto como forma de auxiliar na promoção de um ensino da educação matemática, desmistificando a visão de que se trata de uma disciplina para gênios e tornando-a mais próxima de todos os estudantes, independentemente de sua condição biopsicossocial.

Como dito no introito destas palavras finais, “não inventamos a pólvora”, mas pensamos na mesma sob outras perspectivas trazendo à tona questões que embora aparentes, ainda são pouco vistas, principalmente a partir do olhar das crianças com autismo.

E finalizo esta tese dizendo que os olhos são mais que o espelho da alma, como dito popular, para a educação eles são o espelho das singularidades.

REFERÊNCIAS

- Aagten-Murphy, D., Attucci, C., Daniel, N., Klaric, E., Burr, D., & Pellicano, E. (2015). Numerical estimation in children with autism. *Autism Research*, 8(6), 668–681.
- Alzahrani, M., Uitdenbogerd, A. L., & Spichkova, M. (2022). Impact of animated objects on autistic and non-autistic users. In *IEEE/ACM 44th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society (ICSE-SEIS)* (pp. 102–112), Pittsburgh, PA, USA.
- Andrade, A., Domiciano, C., & Paschoarelli, L. (2021). Transtorno do Espectro Autista e a interface de jogos digitais: uma revisão sistemática. *Educação Gráfica*, 25(3), 231–243.
- Associação Americana de Psiquiatria (2023). *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5 TR* (Cippa, J.A.S. coord.). Artmed.
- Baranauskas, M. C. C., & Rocha, H. V. (2000). *Design e Avaliação de Interface Homem-Computador*. UME-USP.
- Barboza, E., & Silva, A. (2014). *A evolução tecnológica dos jogos eletrônicos: do videogame para o newsgame* [Paper presentation]. 5º Simpósio Internacional de Ciberjornalismo, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.
- Booth, R., & Happé, F. (2010). ‘Hunting with a knife and... fork’: Examining central coherence in autism, attention deficit/hyper-activity disorder, and typical development with a linguistic task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107(4), 377–393. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.06.003>.
- Borba, M.C., & Penteadó, M.G. (2007). *Informática e Educação matemática* (3ed). Autêntica.
- Borges, J. R. A.; Oliveira, G. S.; Borges, T. D. F. F.; & Saad, N. S.(2021). Jogos digitais no ensino de Matemática e o desenvolvimento de competências. *Revista Valore*, 6, 99-111. <https://doi.org/10.22408/reva602021103999-111>.
- Brasil (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais*. MEC/SEF. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>
- Brasil (2015). *Lei Brasileira de Inclusão – Lei 13146/2015*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm.
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. MEC. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
- Brasil (2023). PISA 2022. Relatório Nacional. Brasília, DF: INEP/MEC.

- Britto, T. C. P.; & Pizzolato, E. B. (2016, April 24–28). Towards Web Accessibility Guidelines of Interaction and Interface Design for People with Autism Spectrum Disorder. *The Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*. ACHI.
- Britto, T. C. P.; & Pizzolato, E. B. (2018). GAIA: uma proposta de um guia de recomendações de acessibilidade de interfaces Web com foco em aspectos do Autismo. *Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE*, 26(2), 102–123. <https://doi.org/10.5753/RBIE.2018.26.02.102>
- Chiang, H. M., & Lin, Y. H. (2007). Reading comprehension instruction for students with Autism Spectrum Disorders: A review of the literature. *Focus Autism and Other Developmental Disabilities*, 22(4), 259–267. <https://doi.org/10.1177/10883576070220040801>
- Chien, M. E., Jheng, C. M., Lin, N. M., Tang, H. H., Taelle, P., Tseng, W. S., & Chen, M. Y. (2015). iCAN: a tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism. *International Journal of Human-Computer Studies*, 73, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.06.001>
- Costa, A. B., Picharillo, A. D. M., & Elias, N. C. (2017). Avaliação de habilidades matemáticas em crianças com síndrome de Down e com desenvolvimento típico. *Ciência & Educação*, 23(1), 255–272.
- Cybis, W., Betiol, A. H., & Faust, R. (2010). *Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações* (2nd ed.). Novatec.
- Darejeh, A., & Singh, D. (2013). A review on user interface design principles to increase software usability for users with less computer literacy. *Journal of Computational Science*, 9(11), 1443–1450. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2013.1443.1450>
- Dattolo, A., Luccio, F. L., & Pirone, E. (2016). Webpage Accessibility and Usability for Autistic Users: a Case Study on a Tourism Website. *The Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*. ACHI.
- Dattolo, A., & Luccio, F. L. (2017). Accessible and usable websites and mobile applications for people with autism spectrum disorders: a comparative study. *EAI Endorsed Transactions on Ambient Systems*, 4(13), 1–11. <https://doi.org/10.4108/eai.17-5-2017.152549>
- De Rose, J. C. C. (2005). Análise comportamental da leitura e da escrita. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 1(1), 29–50.

- Deering, H. J. (2013). *Opportunity for success: Website evaluation and scanning by students with autism spectrum disorders* [Master's thesis in Science, Iowa State University]. Iowa State University Digital Repository.
- Devlin, K.J. (2011). *Mathematics Education for a New Era: Video games as a Medium for Learning*. A K Peters, Ltd. Natick, Massachusetts.
- Duchowski, A. T. (2007). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice* (2nd ed.). Springer.
- Eraslan, S., Yaneva, V., Yesilada, Y., & Harper, S. (2019). Web users with autism: Eye tracking evidence for differences. *Behaviour and Information Technology*, 38(7), 678–700. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1551933>
- Eraslan, S., Yesilada, Y., Yaneva, V., & Ha, L. A. (2020). “Keep it simple!”: An eye-tracking study for exploring complexity and distinguishability of web pages for people with autism. *Universal Access in the Information Society*, 20, 69–84. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00708-9>
- Ercole, F. F., Melo, L. S., & Alcoforado, C. L. G. C. (2014). Revisão integrativa versus revisão sistemática. *Revista Mineira de Enfermagem*, 18(1), 9–12.
- Falloon, G. (2013). Young students using iPads: App design and content influences on their learning pathways. *Computers & Education*, 68, 505–521.
- Faustino, A. C., Moura, A.Q., Silva, G.H.G. & Muzinatti, J.L (2017). Macroinclusion and Microexclusion in Mathematics Education. In: *International Conference of Mathematics Education and Society* (pp. 471-479) Volos, Greece.
- Falloon, G. (2014). What's going on behind the screens? *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(4), 318–336.
- Farias, E., Silva, L., & Cunha, M. (2014). *ABC Autismo: Um aplicativo móvel para auxiliar na alfabetização de crianças com autismo baseado no programa teacch* [Paper presentation]. 10º Simpósio Brasileiro de Sistema de Informação, Londrina, Paraná, Brasil.
- Federico, G., & Brandimonte, M. A. (2019). Tool and object affordances: An ecological eye-tracking study. *Brain and Cognition*, 135, 103582. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2019.103582>
- Federico, G., Ferrante, D., Marcatto, F., & Brandimonte, M. A. (2021). How the fear of COVID-19 changed the way we look at human faces. *PeerJ*, 9, 1380. <https://doi.org/10.7717/peerj.11380>
- Filatro, A. (2008). *Design Instrucional na prática*. Pearson Education do Brasil.

- Friedman, M. G., & Bryen, D. N. (2006). Web accessibility design recommendations for people with cognitive disabilities. *Technology and Disability*, 19(4), 205–212. <https://doi.org/10.3233/TAD-2007-19406>
- Gee, J. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Goldenberg, P. (2000). *Thinking (And Talking) About Technology in Math Classrooms*. Education Development Center. http://www2.edc.org/mcc/PDF/iss_tech.pdf
- Guimarães, L. M. (2018). *ABAcadabra: Um aplicativo para o ensino de discriminações condicionais auditivo visuais a indivíduos com Transtorno do Espectro do Autismo* [Doctoral dissertation in Psychology, Universidade Federal de São Carlos]. Repositório Institucional da UFSCar.
- Gravina, M. A., & Santarosa, L. (1998). A aprendizagem da matemática em ambientes informatizados. *Informática na educação: Teoria & Prática*, 1(2), 73-88. <https://doi.org/10.22456/1982-1654.6275>
- Grebot, I. B. F. (2016). *Padrões de rastreamento na visualização de faces próprias e não próprias* [Master's thesis in Behavioral Sciences, Universidade de Brasília]. Repositório da UNB.
- Grynszpan, O., Martin, J.-C., & Nadel, J. (2008). Multimedia interfaces for users with high functioning autism: An empirical investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(8), 628–639. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.00>
- Happé, F., & Frith, U. (2006). The Weak Coherence Account: Detail Focused Cognitive Style in Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36, 5–25. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0039-0>
- Henry, S. L. J. (2007). *Ask: Integrating Accessibility throughout Design*. Lulu.com.
- Iqbal, S. T., Adamczyk, P. D., Zheng, X. S., & Bailey, B. P. (2005). Towards an index of opportunity: Understanding in mental workload during task execution. In W. Kellogg, S. Zhai, C. Gale, & G. Veer (Eds.), *CHI 2005: Technology, Safety, Community: Conference Proceedings - Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 311–320).
- Johnson, S. (2001). *Cultura da interface: Como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar* (M. L. A. Borges, Trans.). Zahar.
- Lei 13.146, de julho de 2015 (2015). Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm

- Lévy, P. (1993). *As tecnologias da inteligência* (C. I. Costa, Trans.). Editora 34.
- Locatelli, P. B., & Santos, M. F. R. S. (2016). Autismo: Propostas de intervenção. *Revista Transformar*, 8, 203–220.
- Maenner, M. J., Shaw, K. A., Bakian, A. V., Bilder, D. A., Durkin, M. S., Esler, A., Furnier, S. M., Hallas, L., Hall-Lande, J., Hudson, A., Hughes, M. M., Patrick, M., Pierce, K., Poynter, J. N., Salinas, A., Shenouda, J., Vehorn, A., Warren, Z., Constantino, J. N., DiRienzo, M., Fitzgerald, R. T., Grzybowski, A., Spivey, M. H., Pettygrove, S., Zahorodny, W., Ali, A., Andrews, J. G., Baroud, T., Gutierrez, J., Hewitt, A., Lee, L. C., Lopez, M., Mancilla, K. C., McArthur, D., Schwenk, Y. D., Washington, A., Williams, S., & Cogswell, M. E. (2021). Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2018. *Surveillance Summaries*, 70(11), 1–16. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss7011a1externalicon>
- Magaton, H., Bim, S., & Keywords, A. (2019). The Use of Educational Applications by Children with Autistic Spectrum Disorder – A Case of Study. *Teste*. <http://143.54.25.88/index.php/teste/article/view/834>
- Matos, D. A. S. (2014). Confiabilidade e concordância entre juízes: aplicações na área educacional. *Estudos em Avaliação Educacional*, 25(59), 298–324.
- Medavarapu, S., Marella, L. L., Sangem, A., & Kairam, R. (2019). Where is the Evidence? A Narrative Literature Review of the Treatment Modalities for Autism Spectrum Disorders. *Cureus*, 11(1), 3901. <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.3901>
- Mendes, K. D. S., Silveira, R. C. P., & Galvão, C. M. (2008). Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Contexto Enfermagem*, 17(4), 758–764.
- Mintz, J. (2013). Additional Key Factors Mediating the Use of a Mobile Technology Tool Designed to Develop Social and Life Skills in Children with Autism Spectrum Disorders: Evaluation of the 2nd HANDS Prototype. *Computers and Education*, 63, 17–27.
- Moradi, R. (2017). The effect of educational computer games on learning of mathematics concepts among students with autism spectrum disorder. *Fundamentals of Mental Health*, 90-95.
- Mottron, L., Dawson, M., Soulières, I., Hubert, B., & Burack, J. (2006). Enhanced perceptual functioning in autism: an update, and eight principles of autistic perception. *Journal of*

Autism and Developmental Disorders, 36(1), 27–43. <https://doi.org/10.1007/s10803-005-0040-7>.

- Moyer-Packenham, P. S., & Westenskow, A. (2013). Effects of Virtual Manipulatives on Student Achievement and Mathematics Learning. *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 4, 35-50. <http://dx.doi.org/10.4018/jvple.2013070103>.
- Moyer-Packenham, P., Lommatsch, C., Litster, K., Ashby, J., Bullock, E., Roxburgh, A., Shumway, J., Speed, E., Covington, B., Hartmann, C., Clarke-Midura, J., Skaria, J., Westenskow, A., MacDonald, B., Symanzik, J., & Jordan, K. (2018). How Design Features in Digital Math 94 Games Support Learning and Mathematics Connections. *Computers in Human Behavior*, 91, 316–332.
- Moyer-Packenham, P. S., Lommatsch, C. W., Litster, K., Ashby, J., Bullock, E. K., Roxburgh, A. L., Shumway, J. F., Speed, E., Covington, B., Hartmann, C., Clarke-Midura, J., Skaria, J., Westenskow, A., MacDonald, D., Symanzik, J., & Jordan, K. (2019). How design features in digital math games support learning and mathematics connections. *Computers in Human Behavior*, 91, 316–332.
- Moyer-Packenham, P. S., Ashby, J., Litster, K., Roxburgh, A., & Kozlowski, J. S. (2020). Examining how design features promote children’s awareness of affordances in digital math games. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 39(2), 169–180.
- Nielsen, J., & Pernice, K. (2009). *Eye tracking Web Usability*. Berkeley.
- Orrú, S. E. (2017). *O re-inventar da inclusão: os desafios da diferença no processo de ensinar e aprender*. Vozes.
- Oswald, T. M., Beck, J. S., Iosif, A.-M., McCauley, J. B., Gilhooly, L. J., Matter, J. C., & Solomon, M. (2016). Clinical and cognitive characteristics associated with mathematics problem solving in adolescents with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 9(4), 480–490.
- Pavlov, N. (2014). User Interface for People with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Software Engineering and Applications*, 7(2), 128–134.
- Pea, R. (1987). Cognitive technologies for mathematics education. In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive Science and Mathematics Education* (pp. 89–122).

- Pereira, A. B. C. (2017). *Uso de jogos digitais no desenvolvimento de competências curriculares da Matemática*. [Doctoral dissertation in Sciences, Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo].
- Pereira, H. B. B. (2004). Critérios de Usabilidade: Suporte ao Design de Aplicações Multimídia Usadas em Educação a Distância. *Design em foco*, 1(1), 67- 83.
- Peters, D. (2013). *Interface Design for Learning: Design Strategies for Learning Experiences*. New Riders.
- Pichiliani, T. C. P. B., & Pizzolato, E. B. (2019, October 22–25). A survey on the awareness of Brazilian web development community about cognitive accessibility. *Proceedings*. 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Association for Computing Machinery.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2005). *Design de Interação: além da interação homem-computador*. Bookman.
- Prensky, M. (2007). *Changing paradigms*. Educational Technology.
- Putnam, C., & Chong, L. (2008, October 13–15). Software and technologies designed for people with autism: what do users want? *Proceedings of 10th International Acm Sigaccess Conference on Computers and Accessibility*. Association for Computing Machinery.
- Raymaker, D. M., Kapp, S., McDonald, K. E., Weiner, M., Ashkenazy, E., & Nicolaidis, C. (2020). Development of the AASPIRE Web Accessibility Guidelines for Autistic Web Users. *Autism in Adulthood*, 1(2), 146–157. <https://doi.org/10.1089/aut.2018.0020>
- Rezae, M. et al. (2020). The evaluation of a mobile user interface for people on the autism spectrum: An eye movement study. *International Journal of Human-Computer Studies*, 142, 1–35. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102462>
- Rodas, C. M., Marcos, M. C., & Vidotti, S. A. B. G. (2014, November 24–25). Tecnologia de Eye Tracking em User Experience. *Anais do Encontro Nacional de Gestão, Políticas e Tecnologias de Informação*. UFG.
- Rosamund, S. (2009). *Ensino eficaz de Matemática*. Artmed.
- Santos, N. (2004). *Design de interfaces de software educacional*. Livros Eletrônicos.
- Sawaya, M. R. (1999). *Dicionário de Informática e Internet*. Nobel.
- Schell, J. (2011). *A arte de game design: o livro original*. Elsevier.
- Seeman, L., & Cooper, M. (2016). Cognitive Accessibility Roadmap and Gap Analysis. Retrieved. <http://w3c.github.io/coga/gap-analysis>

- Silva, B. S., & Barbosa, S. D. J. (2010). *Interação Humano-Computador: Projetando a Experiência Perfeita*. Campus.
- Silva, M. D., Soares, A. C. B., & Benitez, P. (2020). Software mTEA: do Desenho Computacional à Aplicação por Profissionais com Estudantes com Autismo. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 26(1), 51–68.
- Sousa, D. A. (2015). *How the brain learns mathematics* (2nd ed). Corwin.
- Souza, A. C. (2019). *O uso de tecnologias digitais educacionais para o favorecimento da aprendizagem matemática e inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista em anos iniciais de escolarização* [Master's thesis, Universidade Federal de Alfenas]. BDTD – TEDE – Sistema de Publicação Eletrônica de Teses e Dissertações.
- Stemler, S. E. (2004). A comparison of consensus, consistency, and measurement approaches to estimating interrater reliability. *Practical Assessment, Research & Evaluation, College Park*, 9(4), 1–11.
- Schuytema, P. (2008). *Design de games: uma abordagem prática*. Cengage Learning.
- Trevisan, D., Becerra, L., & Gois, J. P. (2019). A Review of the Use of Computational Technology in Applied Behavior. *Analysis. Adaptive Behavior*, 27, 183–196. <https://doi.org/10.1177/10597123198393>
- Uitdenbogerd, A. L., Spichkova, M., & Alzahrani, M. (2022). *Web-based Search: How Do Animated User Interface Elements Affect Autistic and Non-Autistic Users?*. ArXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.1193>
- Valencia, K., Rusu, C., Quiñones, D., & Jamet, E. (2013). The Impact of Technology on People with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review. *Sensors (Basel)*, 19(20), 4485. <https://doi.org/10.3390/s19204485>
- Wagner, M., Marder, C., Blackorby, J., Cameto, R., Newman, L., Levine, P., & Davies-Mercier, E. (2003). *The Achievements of Youth with Disabilities During Secondary School: A Report from the National Longitudinal Transition Study-2*. SRI International, Menlo Park.
- Wainer, A. L., & Ingersoll, B. R. (2011). The use of innovative computer technology for teaching social communication to individuals with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(1), 96–107.
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative re-view: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546–553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>
- Windholz, M. H. (1995). Autismo infantil: terapia comportamental. In J. S. Schwartzman & F. B. J. Assumpção (Orgs.), *Autismo infantil* (pp.179-210). Memnon.

- Winoto, P., Tang, T. Y., Huang, Z., & Chen, P. (2017). "Thinking in Pictures?" Performance of Chinese Children with Autism on Math Learning Through Eye-Tracking Technology. In P. Zaphiris, & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Technology in Education*. LCT 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol. 10296. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58515-4_17
- Yaneva, V., Temnikova, I., & Mitkov, R. (2015, October 26–28). Accessible Texts for Autism: An Eye-Tracking Study. *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference of Computers and Accessibility*. ACM SIGACCESS.
- Yaneva, V., Ha, L. A., Eraslan, S., & Yesilada, Y. (2018, August). Autism and the web: using web-searching tasks to detect autism and improve web accessibility. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, 121(2). <https://doi.org/10.1145/3264631.3264633>
- Zervogianni, V., Fletcher-Watson, S., Herrera, G., Goodwin, M., Pérez-Fuster, P., Brosnan, M., & Grynspan, O. (2020). A framework of evidence-based practice for digital support, co-developed with and for the autism community. *Autism*, 24(6), 1411–1422.

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO²⁶

(Resolução CNS 510/2016)²⁷

Pesquisa: PARA ALÉM DA TELA: análise da influência da interface gráfica de jogos virtuais no processo atencional e aprendizagem de crianças com TEA no ensino da matemática

Eu, Andiará Cristina de Souza, aluna do curso de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos, sob orientação do Prof. Dr. João dos Santos Carmo e coorientação da Prof.^a Dra. Priscila Benitez, peço a gentileza de sua colaboração para a realização de minha pesquisa de Doutorado, autorizando a participação de seu(sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade nesta pesquisa.

Este estudo está relacionado ao uso de aplicativos educacionais utilizados na aprendizagem matemática e pretende avaliar o impacto das interfaces gráficas de aplicativos educativos de matemática na aquisição de habilidades pré-aritméticas por estudantes com TEA.

Para que tal trabalho seja possível, será solicitado ao seu(sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade que participe de sessões de interação com aplicativos voltados para o ensino da matemática e procedimentos de gravação dos movimentos oculares por meio de equipamento da *webcam* do *laptop* (trata-se de uma tecnologia segura e não invasiva). Este procedimento visa avaliar a forma com que as crianças interagem com os aplicativos levando em conta sua interface gráfica (tela do jogo), e como esta interfere na aquisição de habilidades matemáticas pré-aritméticas (contagem, relação número-quantidade, maior e menor, entre outras).

A participação de seu(sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade na pesquisa não acarretará nenhum custo financeiro. O procedimento adotado no estudo não deve representar

²⁶ VERSÃO02_TCLE_Agosto/2022.

²⁴ Inserir texto.

risco significativo (físico ou mental) ao participante. O procedimento utilizado é de uso corrente em pesquisas experimentais e não há na literatura indicações da possibilidade de qualquer risco. Apesar de riscos pouco significativos (como cansaço, falta de interesse, desconforto físico ou mental), a pesquisadora responsável compromete-se a suspender a tarefa realizada e planejar procedimentos alternativos que cessem a possibilidade de reaparecimento do desconforto, como escolha de atividades que se mostrem mais prazerosas para o participante, utilização de reforçadores positivos, divisão da tarefa a ser realizada em etapas, diminuindo o tempo de exposição do participante ao computador e ao jogo. Se mesmo assim o desconforto persistir e estes riscos permanecerem, o participante terá total liberdade para abandonar a pesquisa. Em caso de abandono da pesquisa por qualquer fator descrito acima, a pesquisadora irá orientar e encaminhar o participante para profissionais especialistas e serviços disponíveis, se necessário, visando o bem-estar de todos os participantes.

Cumpra salientar, ainda, que a leitura dos movimentos oculares é precedida por um processo de calibração (serão exibidos na tela do computador pontos vermelhos que estarão dispostos sobre um fundo branco, cinza e preto, o participante deverá seguir com o olhar e usando o cursor do *mouse* cada ponto individualmente, e, por fim, deverá fixar o olhar sobre 4 pontos que aparecerão simultaneamente na tela até que estourem). Caso não seja possível realizar a calibração dos olhos do participante, este será excluído da pesquisa. Os benefícios relacionados à participação são: a contribuição para a pesquisa e para a produção de conhecimento sobre o assunto e uma possível ampliação de habilidades pré-aritméticas.

Em virtude das condições sanitárias atuais, os procedimentos seguirão um protocolo rígido de segurança sanitária que compreenderá as seguintes ações:

- a) Os agendamentos para comparecimento ao local da pesquisa serão realizados única e exclusivamente por meio de mensagem eletrônica, que poderá ser enviada e respondida através de e-mail ou mensagem de *WhatsApp*.
- b) Os participantes deverão comparecer ao local da pesquisa no horário marcado, portando máscara facial.
- c) Ao chegar ao local da pesquisa, os participantes serão recepcionados pela pesquisadora na entrada, incumbindo a esta aferir a temperatura do participante, que, se superior a 37 graus, inviabilizará sua entrada e participação na sessão. Casos de contaminação por covid ou presença de sintomas gripais deverão ser comunicados com antecedência à pesquisadora e impossibilitarão o atendimento do participante, que deverá permanecer afastado de suas atividades pelo prazo de 10 dias ou enquanto perdurarem os sintomas.

- d) Na entrada da clínica, bem como na sala onde serão realizadas as sessões, haverá álcool 70% para limpeza das mãos.
- e) É proibido ao participante levar qualquer tipo de alimento para a sala onde serão realizados os procedimentos, podendo portar tão somente uma garrafa de água.
- f) A pesquisadora também passará por todos os protocolos de segurança acima descritos e fará uso de máscara com fator de proteção Kn-95.
- g) Durante as sessões, será mantido um distanciamento de 1,5 metros entre a pesquisadora e o participante.
- h) Todas as sessões serão individuais e manterão o intervalo de 30 (trinta) minutos de uma para outra, para que possa ser realizada a desinfecção do ambiente e equipamentos.
- i) Após o término de cada sessão, haverá a desinfecção da sala e dos equipamentos, a qual se dará mediante uso de álcool 70%, toalhas de papel e bactericida aerossol.
- j) Ao finalizar a sessão, a pesquisadora procederá à entrega do participante ao seu(sua) responsável, a qual ocorrerá na entrada da clínica.

Se mesmo com todos estes procedimentos você sentir qualquer desconforto ou insegurança, tem toda a liberdade de não autorizar a participação de seu(sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade, sem qualquer prejuízo para ele(a) ou para você. Seu(Sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade também tem todo o direito de se retirar da pesquisa a qualquer momento, sem que sofra prejuízo de qualquer espécie, por parte dos pesquisadores ou das instituições (UFSCar ou Clia Psicologia, Saúde et Educação).

As informações obtidas durante a pesquisa serão mantidas em sigilo. Em caso de publicação dos resultados da pesquisa em congressos ou periódicos científicos, a não identificação do seu(sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade será assegurada, com o uso de nomes fictícios e colocação de tarjas nas imagens, desfocando o rosto.

Todas as despesas com o transporte e a alimentação decorrentes da sua participação na pesquisa, quando for o caso, serão ressarcidas no dia da coleta. Você receberá assistência imediata e integral e terá direito a indenização por qualquer tipo de dano resultante da sua participação na pesquisa.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde constam o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e a participação de seu(sua) filho(a) ou criança sob sua responsabilidade agora ou a qualquer momento, presencialmente ou por meio de *WhatsApp* ou *e-mail* a serem enviados à pesquisadora principal.

Este projeto de pesquisa foi aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, entre em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP)** da UFSCar, que está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da universidade, localizado no prédio da reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís, km 235 - CEP: 13565-905 - São Carlos - SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: cephumanos@ufscar.br. Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

O CEP está vinculado à **Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP)** do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e o seu funcionamento e atuação são regidos pelas normativas do CNS/Conep. A CONEP tem a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo CNS, também atuando conjuntamente com uma rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) organizados nas instituições onde as pesquisas se realizam. Endereço: SRTV 701, Via W5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar - Asa Norte - CEP: 70719-040 - Brasília - DF. Telefone: (61) 3315-5877. E-mail: conep@saude.gov.br.

Sem mais, espero contar com a gentileza de sua colaboração.

Outras informações e esclarecimentos adicionais sobre a pesquisa, bem como informações acerca do andamento da pesquisa e seus resultados, podem ser obtidos a qualquer momento com a pesquisadora responsável pela pesquisa: Andiará Cristina de Souza, ou o professor orientador: Prof. Dr. João do Carmo Santos, pelos telefones (16) 3351-9357 (UFSCar) e (35) 999487676 (*WhatsApp* Andiará C. Souza), e-mail: ancrisou@gmail.com.

Andiará Cristina de Souza

Prof. Dr. João dos Santos Carmo

Eu, _____,
RG nº _____ e CPF nº _____, responsável
por _____, declaro que
entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação de meu(minha) filho(a) ou criança sob
minha responsabilidade e concordo com a participação do(a) mesmo(a) na referida pesquisa.
_____ de _____ de _____.

Assinatura de um dos pais ou do responsável legal pelo participante

Apêndice B – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO²⁸

(Resolução CNS 510/2016)

Título do Projeto: PARA ALÉM DA TELA: análise da influência da interface gráfica de aplicativos no processo atencional e aprendizagem de crianças com TEA no ensino da matemática

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que visa avaliar o impacto das interfaces gráficas de aplicativos educativos de matemática na aquisição de habilidades pré-aritméticas por estudantes com TEA.

Seus pais ou responsáveis já permitiram que você participe.

Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir.

A leitura dos seus olhos será feita pela câmera do computador e não lhe trará nenhuma dor. Isto é necessário para sabermos como seus olhos fazem a leitura da tela do computador e o que mais chama sua atenção ao realizar os jogos. Antes de iniciarmos os jogos, faremos a calibração de seus olhos, para isso você verá na tela do computador diversos pontinhos vermelhos e terá que segui-los ao longo da tela com o *mouse* e, por fim, olhar para cada um deles de cada vez e esperar até que eles explodam.

Você fará jogos envolvendo atividades de matemática, para jogar você fará uso de um *laptop* e *mouse*; caso precise, seu *mouse* poderá ser adaptado. Você deve realizar as atividades de acordo com o que for pedido pela pesquisadora. Durante a realização do jogo, a câmera do *laptop* irá gravar suas jogadas, e também seu olhar.

Se durante a realização das nossas atividades você se sentir cansado, achar que o jogo não é interessante ou qualquer outro tipo de desconforto, pararemos a atividade e buscaremos

²⁸ VERSÃO002_TALE_Agosto/2022.

uma outra maneira de fazê-la, dividindo o tempo, buscando novos jogos. Você ainda poderá utilizar qualquer coisa que lhe traga mais prazer ou conforto para realizar a tarefa, como trazer com você um brinquedo ou objeto pessoal que lhe ajude a se acalmar. Mas, se mesmo assim você não se sentir bem, pode desistir da atividade e deixar de participar da pesquisa. Neste caso, se precisar, poderá ser atendido por outros profissionais, que auxiliarão você para que se sinta melhor.

A sua participação irá ajudar com informações que nos permitirão identificar se os jogos são acessíveis ou não e se os elementos da tela do jogo lhe ajudam ou atrapalham na compreensão e realização das atividades. Isso é importante para que os criadores de jogos possam aprimorar a elaboração destes.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. “Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas seu nome nem imagem irão aparecer”. Quando terminarmos a pesquisa, poderemos deixar estes jogos para serem usados por qualquer pessoa que queira treinar suas habilidades ou melhorar sua aprendizagem matemática.

Se você tiver alguma dúvida, ou quiser saber como está o andamento e os resultados da pesquisa, você pode me perguntar, sou a pesquisadora Andiará Cristina de Souza. Eu escrevi os telefones na parte de baixo deste texto.

Se você concordar em participar da pesquisa, você irá jogar no computador em uma sala separada, na qual estaremos presentes só você e eu.

Lembrando que a COVID ainda não terminou, precisaremos manter distância, nos cumprimentar sem abraços ou aperto de mãos, medirmos sua temperatura com um termômetro digital quando chegar ao local da pesquisa. Você também deverá utilizar máscara o tempo todo e fazer uso de álcool em gel. Você poderá trazer apenas sua garrafinha de água, caso tenha sede durante a realização das atividades.

Se você sentir qualquer desconforto, pode pedir para parar e será auxiliado pela pesquisadora.

Você nem seus pais ou responsáveis terão nenhuma despesa para participar da pesquisa, mas, se tiverem, serão ressarcidas no dia em que você estiver no local da pesquisa. Você receberá assistência imediata e integral e terá direito a indenização por qualquer tipo de dano resultante da sua participação na pesquisa.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde constam o telefone e o endereço do pesquisador principal. Caso você perca

ou aconteça qualquer coisa com sua cópia, poderá pedir outra à pesquisadora presencialmente ou por meio de *WhatsApp* ou *e-mail*.

Para garantir seu conforto e segurança para participar desta pesquisa, um grupo de pessoas que compõem o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas, fez a leitura deste projeto e concordou que ele não trará nenhum prejuízo a você. Se precisar falar com estas pessoas, você ou seus responsáveis poderão entrar em contato com eles das seguintes formas: pessoalmente na Rodovia Washington Luís, km 235 - CEP: 13565-905 - São Carlos - SP, ou por telefone: (16) 3351-9685 ou e-mail: cephumanos@ufscar.br, nos seguintes horários: das 08:30 às 11:30.

Se você concordar em participar da pesquisa, basta fazer um X sobre o emoji sorrindo; caso não queira, faça um X sobre o emoji triste e escreva seu nome embaixo do bonequinho.



Nome do participante

Nome do participante

Para falar comigo, use as seguintes formas:

Andiara Cristina de Souza
 (35) 99948-7676 (WhatsApp)
 e-mail: ancrisou@gmail.com

Apêndice C – Avaliação de Acessibilidade

Nome do jogo:

Nome do avaliador:

	Diretriz	Cumpre	Não cumpre	Cumpre parcialmente	Não se aplica	Observação
VOCABULÁRIO VISUAL E TEXTUAL	<p>1) As cores não devem ser a única forma de transmitir um conteúdo e o contraste entre as cores de fundo e objetos de primeiro plano deve ser adequado para distinguir os itens e diferenciar conteúdos ou relacionar informações similares.</p> <p>2) Utilize uma linguagem visual e textual simples, evitando jargões, erros ortográficos, metáforas, abreviações e acrônimos, fazendo uso de termos, expressões, nomes e símbolos familiares ao contexto de seus usuários.</p> <p>3) Procure ser sucinto, não escreva parágrafos longos e utilize marcações que facilitem a leitura, como listas e títulos para seções de conteúdo.</p> <p>4) Ícones, imagens e nomenclatura de ações e menus devem ser compatíveis com o mundo real, representar ações concretas e atividades de vida cotidiana, para que possam ser mais facilmente reconhecidas.</p>					
CUSTOMIZAÇÃO	<p>1) Permitir customizar cores, tamanho de texto e fontes utilizadas em elementos da página.</p> <p>2) Oferecer opções para customizar a visualização de informação com imagens, som e texto, de acordo com as preferências individuais da pessoa.</p> <p>3) Oferecer opções para customizar a quantidade e a disposição de elementos na tela e personalizar as funcionalidades.</p> <p>4) Permitir que atividades que envolvam leitura e concentração possam ter um modo de leitura ou impressão.</p>					

ENGAJAMENTO	<p>1) Evite utilizar elementos que distraiam e interfiram no foco ou na atenção. Caso utilize, forneça opções para suprimir estes elementos na tela.</p> <p>2) Projete interfaces simples, com poucos elementos e que contenham somente as funcionalidades e conteúdos necessários para a tarefa atual.</p> <p>3) Utilize espaços em branco entre os elementos da página, para separar conteúdos distintos ou focar a atenção em um conteúdo.</p> <p>4) Forneça instruções e orientações claras sobre as tarefas, para facilitar a compreensão do conteúdo e de sua linguagem, de forma a estimular, motivar e engajar o usuário na interação.</p>					
REPRESENTAÇÕES REDUNDANTES	<p>1) A aplicação não deve se concentrar somente em textos para apresentação de conteúdo, forneça também representações em imagem, áudio ou vídeo e garanta que estas representações estejam próximas do texto correspondente.</p> <p>2) Símbolos, pictogramas e ícones devem apresentar um equivalente textual próximo, para facilitar a compreensão do símbolo e contribuir com o enriquecimento do vocabulário.</p> <p>3) Forneça instruções e legendas em áudio para textos, mas garanta que esta não seja a única representação alternativa do conteúdo.</p>					
MULTIMÍDIA	<p>1) Forneça as informações em diferentes representações, como texto, vídeo, áudio e imagens, para melhor compreensão do conteúdo e vocabulário e aumentar a atenção ao conteúdo.</p> <p>2) Permita que as imagens possam ser ampliadas, para melhor visualização, e garanta que elas continuem a ser compreendidas quando ampliadas.</p> <p>3) Evite o uso de sons que possam ser perturbadores ou explosivos, como sirenes e fogos de artifício.</p>					
VISIBILIDADE DO ESTADO DO SISTEMA	<p>1) Apresente instruções adequadas para interação com os elementos da página, forneça mensagens claras sobre os erros e mecanismos para solucionar os erros.</p> <p>2) Permita que ações críticas possam ser revertidas, canceladas, desfeitas ou confirmadas.</p> <p>3) Em atividades educativas e lições interativas, é recomendável que o sistema permita até cinco tentativas em uma atividade, antes de mostrar a resposta correta.</p>					

RECONHECIMENTO E PREVISIBILIDADE	<p>1) Elementos e interações similares devem produzir resultados similares, consistentes e previsíveis.</p> <p>2) Use ícones, botões e controles de formulário maiores, que forneçam área de clique/toque adequada, e garanta que pareçam clicáveis.</p> <p>3) Forneça instruções e <i>feedback</i> imediato sobre uma restrição de interação com o sistema ou com algum elemento.</p>					
NAVEGABILIDADE	<p>1) Forneça uma navegação simplificada e consistente entre as páginas, utilizando indicadores de localização, progresso e apresentando botões de navegação global (Sair, Voltar para página inicial, Ajuda) em todas as páginas.</p> <p>2) Evite redirecionar páginas automaticamente ou determinar tempo de expiração para tarefas, pois o usuário é quem deve controlar a navegação e o tempo de realização das atividades.</p>					
RESPOSTA ÀS AÇÕES	<p>1) Forneça <i>feedback</i> confirmando ações corretas ou alertando sobre possíveis erros e utilize áudio, texto e imagens para representar a mensagem, evitando ícones que envolvam emoções ou expressões faciais.</p>					
INTERAÇÃO COM A TELA SENSÍVEL AO TOQUE	<p>1) A interação com a tela sensível ao toque deve ter a sensibilidade adequada e prevenir erro de seleções e toque acidental em elementos da tela.</p>					

Apêndice D – Avaliação e índice de concordância dos juízes no jogo “Jogo A”

Diretriz		J1	J2	J3	J4	J5	Concordância %
Vocabulário Visual e Textual	1) As cores não devem ser a única forma de transmitir um conteúdo e o contraste entre as cores de fundo e objetos de primeiro plano deve ser adequado para distinguir os itens e diferenciar conteúdos ou relacionar informações similares.	C	C	C	C	C	100
	2) Utilize uma linguagem visual e textual simples, evitando jargões, erros ortográficos, metáforas, abreviações e acrônimos, fazendo uso de termos, expressões, nomes e símbolos familiares ao contexto de seus usuários.	C	C	C	C	NA	80
	3) Procure ser sucinto, não escreva parágrafos longos e utilize marcações que facilitem a leitura, como listas e títulos para seções de conteúdo.	C	CP	NA	C	C	60
	4) Ícones, imagens e nomenclatura de ações e menus devem ser compatíveis com o mundo real, representar ações concretas e atividades de vida cotidiana, para que possam ser mais facilmente reconhecidas.	C	C	C	C	NA	80
Customização	1) Permitir customizar cores, tamanho de texto e fontes utilizadas em elementos da página.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Oferecer opções para customizar a visualização de informação com imagens, som e texto, de acordo com as preferências individuais da pessoa.	NC	NC	NC	NC	CP	80
	3) Oferecer opções para customizar a quantidade e a disposição de elementos na tela e personalizar as funcionalidades.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	4) Permitir que atividades que envolvam leitura e concentração possam ter um modo de leitura ou impressão.	NA	NA	NA	CP	NA	80
Engajamento	1) Evite utilizar elementos que distraiam e interfiram no foco ou na atenção. Caso utilize, forneça opções para suprimir estes elementos na tela.	CP	CP	C	CP	CP	80
	2) Projete interfaces simples, com poucos elementos e que contenham somente as funcionalidades e conteúdos necessários para a tarefa atual.	C	CP	C	C	C	80
	3) Utilize espaços em branco entre os elementos da página, para separar conteúdos distintos ou focar a atenção em um conteúdo.	CP	CP	CP	CP	C	80
	4) Forneça instruções e orientações claras sobre as tarefas, para facilitar a compreensão do conteúdo e de sua linguagem, de forma a estimular, motivar e engajar o usuário na interação.	C	C	C	C	C	100
Representações Redundantes	1) A aplicação não deve se concentrar somente em textos para apresentação de conteúdo, forneça também representações em imagem, áudio ou vídeo e garanta que estas representações estejam próximas do texto correspondente.	C	C	C	C	C	100
	2) Símbolos, pictogramas e ícones devem apresentar um equivalente textual próximo, para facilitar a compreensão do símbolo e contribuir com o enriquecimento do vocabulário.	C	C	C	C	C	100
	3) Forneça instruções e legendas em áudio para textos, mas garanta que esta não seja a única representação alternativa do conteúdo.	NC	NC	CP	NC	NC	100
Multimídia	1) Forneça as informações em diferentes representações, como texto, vídeo, áudio e imagens, para melhor compreensão do conteúdo e vocabulário e aumentar a atenção ao conteúdo.	NC	NC	NC	C	NC	80

	2) Permita que as imagens possam ser ampliadas, para melhor visualização, e garanta que elas continuem a ser compreendidas quando ampliadas.	C	C	C	C	C	100
	3) Evite o uso de sons que possam ser perturbadores ou explosivos, como sirenes e fogos de artifício.	C	C	C	C	C	100
Visibilidade do Estado do Sistema	1) Apresente instruções adequadas para interação com os elementos da página, forneça mensagens claras sobre os erros e mecanismos para solucionar os erros.	NC	NC	NC	NA	NC	80
	2) Permita que ações críticas possam ser revertidas, canceladas, desfeitas ou confirmadas.	NC	NC	NC	CP	NC	80
	3) Em atividades educativas e lições interativas, é recomendável que o sistema permita até cinco tentativas em uma atividade, antes de mostrar a resposta correta.	NC	NC	NC	NC	NC	100
Reconhecimento e Previsibilidade	1) Elementos e interações similares devem produzir resultados similares, consistentes e previsíveis.	C	C	C	C	C	100
	2) Use ícones, botões e controles de formulário maiores, que forneçam área de clique/toque adequada, e garanta que pareçam clicáveis.	CP	CP	CP	C	CP	80
	3) Forneça instruções e <i>feedback</i> imediato sobre uma restrição de interação com o sistema ou com algum elemento.	NC	NC	NC	CP	NC	80
Navegabilidade	1) Forneça uma navegação simplificada e consistente entre as páginas, utilizando indicadores de localização, progresso e apresentando botões de navegação global (Sair, Voltar para página inicial, Ajuda) em todas as páginas.	CP	CP	CP	CP	CP	100
	2) Evite redirecionar páginas automaticamente ou determinar tempo de expiração para tarefas, pois o usuário é quem deve controlar a navegação e o tempo de realização das atividades.	C	C	C	C	C	100
Resposta às Ações	1) Forneça <i>feedback</i> confirmando ações corretas ou alertando sobre possíveis erros e utilize áudio, texto e imagens para representar a mensagem, evitando ícones que envolvam emoções ou expressões faciais.	C	C	C	C	CP	80
Interação com a Tela Sensível ao Toque	1) A interação com a tela sensível ao toque deve ter a sensibilidade adequada e prevenir erro de seleções e toque acidental em elementos da tela.	NA	NA	NA	NA		100

Apêndice E – Avaliação e índice de concordância dos juízes no jogo “Jogo B”

Diretriz		J1	J2	J3	J4	J5	Concordância %
Vocabulário Visual e Textual	1) As cores não devem ser a única forma de transmitir um conteúdo e o contraste entre as cores de fundo e objetos de primeiro plano deve ser adequado para distinguir os itens e diferenciar conteúdos ou relacionar informações similares.	CP	CP	CP	CP	C	80
	2) Utilize uma linguagem visual e textual simples, evitando jargões, erros ortográficos, metáforas, abreviações e acrônimos, fazendo uso de termos, expressões, nomes e símbolos familiares ao contexto de seus usuários.	NA	NA	NA	NA	NA	100
	3) Procure ser sucinto, não escreva parágrafos longos e utilize marcações que facilitem a leitura, como listas e títulos para seções de conteúdo.	NA	NA	NA	NA	C	80
	4) Ícones, imagens e nomenclatura de ações e menus devem ser compatíveis com o mundo real, representar ações concretas e atividades de vida cotidiana, para que possam ser mais facilmente reconhecidas.	C	C	C	C	C	100
Customização	1) Permitir customizar cores, tamanho de texto e fontes utilizadas em elementos da página.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Oferecer opções para customizar a visualização de informação com imagens, som e texto, de acordo com as preferências individuais da pessoa.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	3) Oferecer opções para customizar a quantidade e a disposição de elementos na tela e personalizar as funcionalidades.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	4) Permitir que atividades que envolvam leitura e concentração possam ter um modo de leitura ou impressão.	NA	NA	NA	NA	NA	100
Engajamento	1) Evite utilizar elementos que distraiam e interfiram no foco ou na atenção. Caso utilize, forneça opções para suprimir estes elementos na tela.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Projete interfaces simples, com poucos elementos e que contenham somente as funcionalidades e conteúdos necessários para a tarefa atual.	NC	NC	NC	NC	C	80
	3) Utilize espaços em branco entre os elementos da página, para separar conteúdos distintos ou focar a atenção em um conteúdo.	C	C	C	C	C	100
	4) Forneça instruções e orientações claras sobre as tarefas, para facilitar a compreensão do conteúdo e de sua linguagem, de forma a estimular, motivar e engajar o usuário na interação.	CP	CP	CP	CP	C	80
Representações Redundantes	1) A aplicação não deve se concentrar somente em textos para apresentação de conteúdo, forneça também representações em imagem, áudio ou vídeo e garanta que estas representações estejam próximas do texto correspondente.	C	C	C	C	C	100
	2) Símbolos, pictogramas e ícones devem apresentar um equivalente textual próximo, para facilitar a compreensão do símbolo e contribuir com o enriquecimento do vocabulário.	NC	NC	NC	NC	C	80
	3) Forneça instruções e legendas em áudio para textos, mas garanta que esta não seja a única representação alternativa do conteúdo.	NC	NC	NC	NC	NC	100
Multimídia	1) Forneça as informações em diferentes representações, como texto, vídeo, áudio e imagens, para melhor compreensão do conteúdo e vocabulário e aumentar a atenção ao conteúdo.	CP	CP	CP	CP	NC	80

	2) Permita que as imagens possam ser ampliadas, para melhor visualização, e garanta que elas continuem a ser compreendidas quando ampliadas.	NC	NC	NC	NC	C	100
	3) Evite o uso de sons que possam ser perturbadores ou explosivos, como sirenes e fogos de artifício.	C	C	C	C	C	100
Visibilidade do Estado do Sistema	1) Apresente instruções adequadas para interação com os elementos da página, forneça mensagens claras sobre os erros e mecanismos para solucionar os erros.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Permita que ações críticas possam ser revertidas, canceladas, desfeitas ou confirmadas.	C	C	C	C	C	100
	3) Em atividades educativas e lições interativas, é recomendável que o sistema permita até cinco tentativas em uma atividade, antes de mostrar a resposta correta.	C	C	C	C	C	100
Reconhecimento e Previsibilidade	1) Elementos e interações similares devem produzir resultados similares, consistentes e previsíveis.	C	C	C	C	NC	100
	2) Use ícones, botões e controles de formulário maiores, que forneçam área de clique/toque adequada, e garanta que pareçam clicáveis.	C	C	C	C	C	100
	3) Forneça instruções e <i>feedback</i> imediato sobre uma restrição de interação com o sistema ou com algum elemento.	NC	NC	NC	NC	NC	100
Navegabilidade	1) Forneça uma navegação simplificada e consistente entre as páginas, utilizando indicadores de localização, progresso e apresentando botões de navegação global (Sair, Voltar para página inicial, Ajuda) em todas as páginas.	CP	NC	CP	CP	CP	80
	2) Evite redirecionar páginas automaticamente ou determinar tempo de expiração para tarefas, pois o usuário é quem deve controlar a navegação e o tempo de realização das atividades.	C	C	C	C	C	100
Resposta às Ações	1) Forneça <i>feedback</i> confirmando ações corretas ou alertando sobre possíveis erros e utilize áudio, texto e imagens para representar a mensagem, evitando ícones que envolvam emoções ou expressões faciais.	CP	CP	CP	CP	NC	80
Interação com a Tela Sensível ao Toque	1) A interação com a tela sensível ao toque deve ter a sensibilidade adequada e prevenir erro de seleções e toque acidental em elementos da tela.	NA	NA	NA	NA		100

**Apêndice G – Avaliação e índice de concordância dos juízes na tarefa Contagem Site
Coquinhos**

Diretriz		J1	J2	J3	J4	J5	Concordância %
Vocabulário Visual e Textual	1) As cores não devem ser a única forma de transmitir um conteúdo e o contraste entre as cores de fundo e objetos de primeiro plano deve ser adequado para distinguir os itens e diferenciar conteúdos ou relacionar informações similares.	C	C	C	C	C	100
	2) Utilize uma linguagem visual e textual simples, evitando jargões, erros ortográficos, metáforas, abreviações e acrônimos, fazendo uso de termos, expressões, nomes e símbolos familiares ao contexto de seus usuários.	NA	NA	NA	NA	NA	100
	3) Procure ser sucinto, não escreva parágrafos longos e utilize marcações que facilitem a leitura, como listas e títulos para seções de conteúdo.	NA	NA	NA	NA	C	80
	4) Ícones, imagens e nomenclatura de ações e menus devem ser compatíveis com o mundo real, representar ações concretas e atividades de vida cotidiana, para que possam ser mais facilmente reconhecidas.	C	C	C	C	C	100
Customização	1) Permitir customizar cores, tamanho de texto e fontes utilizadas em elementos da página.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Oferecer opções para customizar a visualização de informação com imagens, som e texto, de acordo com as preferências individuais da pessoa.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	3) Oferecer opções para customizar a quantidade e a disposição de elementos na tela e personalizar as funcionalidades.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	4) Permitir que atividades que envolvam leitura e concentração possam ter um modo de leitura ou impressão.	NA	NA	NA	NA	NA	100
Engajamento	1) Evite utilizar elementos que distraiam e interfiram no foco ou na atenção. Caso utilize, forneça opções para suprimir estes elementos na tela.	CP	CP	CP	CP	CP	100
	2) Projete interfaces simples, com poucos elementos e que contenham somente as funcionalidades e conteúdos necessários para a tarefa atual.	C	C	C	C	C	100
	3) Utilize espaços em branco entre os elementos da página, para separar conteúdos distintos ou focar a atenção em um conteúdo.	C	C	C	C	C	100

	4) Forneça instruções e orientações claras sobre as tarefas, para facilitar a compreensão do conteúdo e de sua linguagem, de forma a estimular, motivar e engajar o usuário na interação.	C	C	C	C	C	100
Representações Redundantes	1) A aplicação não deve se concentrar somente em textos para apresentação de conteúdo, forneça também representações em imagem, áudio ou vídeo e garanta que estas representações estejam próximas do texto correspondente.	C	C	C	C	C	100
	2) Símbolos, pictogramas e ícones devem apresentar um equivalente textual próximo, para facilitar a compreensão do símbolo e contribuir com o enriquecimento do vocabulário.	CP	CP	CP	CP	C	80
	3) Forneça instruções e legendas em áudio para textos, mas garanta que esta não seja a única representação alternativa do conteúdo.	NC	NC	NC	NC	NC	100
Multimídia	1) Forneça as informações em diferentes representações, como texto, vídeo, áudio e imagens, para melhor compreensão do conteúdo e vocabulário e aumentar a atenção ao conteúdo.	CP	CP	CP	CP	NC	80
	2) Permita que as imagens possam ser ampliadas, para melhor visualização, e garanta que elas continuem a ser compreendidas quando ampliadas.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	3) Evite o uso de sons que possam ser perturbadores ou explosivos, como sirenes e fogos de artifício.	C	C	C	C	C	100
Visibilidade do Estado do Sistema	1) Apresente instruções adequadas para interação com os elementos da página, forneça mensagens claras sobre os erros e mecanismos para solucionar os erros.	C	C	C	C	C	100
	2) Permita que ações críticas possam ser revertidas, canceladas, desfeitas ou confirmadas.	C	C	C	C	C	100
	3) Em atividades educativas e lições interativas, é recomendável que o sistema permita até cinco tentativas em uma atividade, antes de mostrar a resposta correta.	C	C	C	C	C	100
Reconhecimento e Previsibilidade	1) Elementos e interações similares devem produzir resultados similares, consistentes e previsíveis.	C	C	C	C	NC	80
	2) Use ícones, botões e controles de formulário maiores, que forneçam área de clique/toque adequada, e garanta que pareçam clicáveis.	C	C	C	C	C	100
	3) Forneça instruções e <i>feedback</i> imediato sobre uma restrição de interação com o sistema ou com algum elemento.	C	C	C	C	C	100

Navegabilidade	1) Forneça uma navegação simplificada e consistente entre as páginas, utilizando indicadores de localização, progresso e apresentando botões de navegação global (Sair, Voltar para página inicial, Ajuda) em todas as páginas.	CP	NC	CP	CP	CP	80
	2) Evite redirecionar páginas automaticamente ou determinar tempo de expiração para tarefas, pois o usuário é quem deve controlar a navegação e o tempo de realização das atividades.	C	C	C	C	C	100
Resposta às Ações	1) Forneça <i>feedback</i> confirmando ações corretas ou alertando sobre possíveis erros e utilize áudio, texto e imagens para representar a mensagem, evitando ícones que envolvam emoções ou expressões faciais.	C	C	C	CP	C	80
Interação com a Tela Sensível ao Toque	1) A interação com a tela sensível ao toque deve ter a sensibilidade adequada e prevenir erro de seleções e toque acidental em elementos da tela.	NA	NA	NA	NA		100

**Apêndice H – Avaliação e índice de concordância dos juízes na tarefa Contagem da
Plataforma Matific**

Diretriz		J1	J2	J3	J4	J5	Concordância %
Vocabulário Visual e Textual	1) As cores não devem ser a única forma de transmitir um conteúdo e o contraste entre as cores de fundo e objetos de primeiro plano deve ser adequado para distinguir os itens e diferenciar conteúdos ou relacionar informações similares.	NC	NC	NC	NC	CP	80
	2) Utilize uma linguagem visual e textual simples, evitando jargões, erros ortográficos, metáforas, abreviações e acrônimos, fazendo uso de termos, expressões, nomes e símbolos familiares ao contexto de seus usuários.	CP	CP	CP	CP	CP	100
	3) Procure ser sucinto, não escreva parágrafos longos e utilize marcações que facilitem a leitura, como listas e títulos para seções de conteúdo.	C	C	C	CP	C	80
	4) Ícones, imagens e nomenclatura de ações e menus devem ser compatíveis com o mundo real, representar ações concretas e atividades de vida cotidiana, para que possam ser mais facilmente reconhecidas.	C	C	C	C	C	100
Customização	1) Permitir customizar cores, tamanho de texto e fontes utilizadas em elementos da página.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Oferecer opções para customizar a visualização de informação com imagens, som e texto, de acordo com as preferências individuais da pessoa.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	3) Oferecer opções para customizar a quantidade e a disposição de elementos na tela e personalizar as funcionalidades.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	4) Permitir que atividades que envolvam leitura e concentração possam ter um modo de leitura ou impressão.	NA	NA	NA	NA	NA	100
Engajamento	1) Evite utilizar elementos que distraiam e interfiram no foco ou na atenção. Caso utilize, forneça opções para suprimir estes elementos na tela.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	2) Projete interfaces simples, com poucos elementos e que contenham somente as funcionalidades e conteúdos necessários para a tarefa atual.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	3) Utilize espaços em branco entre os elementos da página, para separar conteúdos distintos ou focar a atenção em um conteúdo.	NC	NC	NC	NC	NC	100

	4) Forneça instruções e orientações claras sobre as tarefas, para facilitar a compreensão do conteúdo e de sua linguagem, de forma a estimular, motivar e engajar o usuário na interação.	CP	CP	CP	CP	CP	100
Representações Redundantes	1) A aplicação não deve se concentrar somente em textos para apresentação de conteúdo, forneça também representações em imagem, áudio ou vídeo e garanta que estas representações estejam próximas do texto correspondente.	C	C	C	C	C	100
	2) Símbolos, pictogramas e ícones devem apresentar um equivalente textual próximo para facilitar a compreensão do símbolo e contribuir com o enriquecimento do vocabulário.	C	C	C	C	CP	80
	3) Forneça instruções e legendas em áudio para textos, mas garanta que esta não seja a única representação alternativa do conteúdo.	NA	NA	NA	NC	NA	100
Multimídia	1) Forneça as informações em diferentes representações, como texto, vídeo, áudio e imagens, para melhor compreensão do conteúdo e vocabulário e aumentar a atenção ao conteúdo.	C	CP	C	C	C	80
	2) Permita que as imagens possam ser ampliadas, para melhor visualização, e garanta que elas continuem a ser compreendidas quando ampliadas.	NC	NC	NC	NC	NC	100
	3) Evite o uso de sons que possam ser perturbadores ou explosivos, como sirenes e fogos de artifício.	C	C	C	C	C	100
Visibilidade do Estado do Sistema	1) Apresente instruções adequadas para interação com os elementos da página, forneça mensagens claras sobre os erros e mecanismos para solucionar os erros.	CP	CP	CP	CP	C	80
	2) Permita que ações críticas possam ser revertidas, canceladas, desfeitas ou confirmadas.	C	C	C	C	C	100
	3) Em atividades educativas e lições interativas, é recomendável que o sistema permita até cinco tentativas em uma atividade, antes de mostrar a resposta correta.	C	C	C	C	C	100
Reconhecimento e Previsibilidade	1) Elementos e interações similares devem produzir resultados similares, consistentes e previsíveis.	C	C	C	C	NC	80
	2) Use ícones, botões e controles de formulário maiores, que forneçam área de clique/toque adequada, e garanta que pareçam clicáveis.	NC	NC	NC	NC	CP	80
	3) Forneça instruções e <i>feedback</i> imediato sobre uma restrição de interação com o sistema ou com algum elemento.	C	C	C	C	C	100

Navegabilidade	1) Forneça uma navegação simplificada e consistente entre as páginas, utilizando indicadores de localização, progresso e apresentando botões de navegação global (Sair, Voltar para página inicial, Ajuda) em todas as páginas.	CP	NC	CP	CP	CP	80
	2) Evite redirecionar páginas automaticamente ou determinar tempo de expiração para tarefas, pois o usuário é quem deve controlar a navegação e o tempo de realização das atividades.	NC	NC	NC	NC	NC	100
Resposta às Ações	1) Forneça <i>feedback</i> confirmando ações corretas ou alertando sobre possíveis erros e utilize áudio, texto e imagens para representar a mensagem, evitando ícones que envolvam emoções ou expressões faciais.	C	C	C	CP	C	80
Interação com a Tela Sensível ao Toque	1) A interação com a tela sensível ao toque deve ter a sensibilidade adequada e prevenir erro de seleções e toque acidental em elementos da tela.	NA	NA	NA	NA		100